

# GIS Applications in the Disaster Management – an Overview

## Aplikácie GIS v krízovom riadení - prehľad

Andrea Majlingová<sup>\*1</sup>, Radovan Hilbert<sup>1</sup>, Ágoston Restás<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Technical University in Zvolen, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, Slovak Republic; [majlingova@tuzvo.sk](mailto:majlingova@tuzvo.sk), [xhilbert@is.tuzvo.sk](mailto:xhilbert@is.tuzvo.sk)

<sup>2</sup> National University of Public Service, Institute of Disaster Management, Hungaria krt. 9-11, H-1101 Budapest, Hungary; [Restas.Agoston@nke-uni.hu](mailto:Restas.Agoston@nke-uni.hu)

\* Corresponding author: [majlingova@tuzvo.sk](mailto:majlingova@tuzvo.sk)

*Review*

*Received: June 17, 2018; Accepted: July 5, 2018; Published: July 31, 2018*

### Abstract

In recent years, the world has been affected by massive disasters caused by natural disasters that required immense financial and physical support for the victims of these disasters. The geographical information systems, mobile geographical information systems, web-based geographical information systems, as integral parts of the geoinformation technologies, belong to the most progressive methods to support the three stages of disaster management: preparedness, analysis and response. A lot of scientific papers have been published presenting the ways how to implement geoinformation tools to support the disaster management and urban planning on the municipality level. This paper compiles the knowledge related to them and provides a review of geoinformation tools in the disaster management. There were one hundred scientific papers, mostly from the Web of Science Core Collection database, analysed to produce the overview. The aim of the overview was to analyze the current state-of-the-art technologies in this sphere and to find new trends in research focusing on the GIS-based disaster management. From the survey is evident the continual shift from the desktop solutions, server solutions to the web solutions allowing to use the mobile GIS technology, directly in the field. All these technologies are very helpful in managing the disaster, the relief works and rescue operations in a real crisis.

**Keywords:** crisis, disaster management; GIS, spatial decision support

### 1 Introduction

In a time of extraordinary human efforts to live harmoniously in the natural world, the global toll from extreme events, mostly of nature origin, is increasing. Loss in property from natural hazards is rising in most regions of the world, and loss of life is continuing or increasing, mostly in the economically poor regions.

Mostly climate change is a reason of those disasters, and it is also reasonably expected to increase the countries' vulnerability to natural hazards in the future [1].

### 1 Úvod

V čase mimoriadnej ľudskej snahy žiť harmonicky v prírodnom svete sa globálna daň z mimoriadnych udalostí, väčšinou prírodného charakteru, zvyšuje. Straty na majetku spôsobené hrozbami prírodného charakteru narastajú vo väčšine regiónov sveta, a rovnako straty na životoch neustále pretrvávajú alebo dokonca rastú, a to väčšinou v ekonomicky chudobných regiónoch.

Väčšinou je príčinou výskytu týchto mimoriadnych udalostí klimatická zmena a odôvodnene sa očakáva, že v jej dôsledku sa v

Since, those natural hazards do not become man-made disasters, there is a need to develop effective systems to identify needs, manage data provide spatial analyses and help calibrate responses.

The geographical information systems (GIS), and the geoinformation technologies at all, represent the best way to effectively manage the data related to the world's objects and to support the decision-making process of crises managers, in all the stages of disaster management, i.e. preparedness, analysing and response.

The traditional GIS was presented as the desktop system, in which people captured/ created/ edited, stored and visualized the data.

Since 1960s, the GIS moved first from the desktop solutions to server solutions, then to the web solutions, what allowed to use the mobile GIS technology, directly in the field, at present.

Very helpful in managing the disaster, the relief works, and rescue operations is the mobile GIS. Also, the contemporary web-based GIS and cloud computing [2] systems present possible challenges in a real crisis.

## 2 GIS applications in the disaster management in general

In the case of a serious disaster, GIS specialists are expected to provide a wide array of information with short deadlines for a variety of important tasks.

It is essential for everyone involved in coping with a disaster to have a clear sense of the current situation, and to receive updates on the situational picture as time progresses. This can be a serious challenge because often a disaster can impact what types of data are available.

GIS is used in several ways during a disaster:

- Mapping the extent of the disaster/emergency;
- Estimation of damage to a structure by per cent loss and the mapping of damaged structures;
- Estimation of total community loss, taking into consideration housing and businesses [8];

budúcnosti zvýši zraniteľnosť krajín práve voči prírodným rizikám [1].

Pretože tieto prírodné hrozby nie sú závislé na činnosti človeka, je potrebné vyvinúť účinné systémy na identifikáciu potrieb, správu údajov, poskytovanie priestorových analýz a pomoc pri príprave na odozvu.

Geografické informačné systémy (GIS) a geoinformačné technológie predstavujú vôbec najlepší spôsob ako efektívne spravovať údaje týkajúce sa objektov sveta a podporovať rozhodovací proces krízových manažérov vo všetkých štádiách riadenia krízových situácií, t. j. pripravenosti, analýze i odozve.

Tradičný GIS bol reprezentovaný ako desktopový systém, v ktorom ľudia zaznamenávali / vytvárali / upravovali, ukladali a vizualizovali údaje.

Od 60. rokov minulého storočia sa GIS posunul z čisto desktopových riešení k serverovým riešeniam a následne k webovým riešeniam, ktoré v súčasnosti umožňujú využívať technológiu mobilného GIS priamo v teréne.

Veľmi užitočným v krízovom riadení, najmä riadení záchranných prác je mobilný GIS. Aj moderné webové GIS systémy a výpočty v cloude [2] predstavujú možné spôsoby podpory riadenia v čase reálneho výskytu mimoriadnej udalosti .

## 2 Aplikácie GIS v krízovom riadení vo všeobecnosti

V prípade závažnej mimoriadnej udalosti sa očakáva, že GIS špecialisti poskytnú širokú škálu informácií pre rôzne dôležité úlohy vo veľmi krátkom čase.

Je nevyhnutné, aby všetci, ktorí sa podieľajú na zvládání udalosti, mali jasnú predstavu o súčasnej situácii a aby dostali aktualizácie situačného obrazu v reálnom čase. To však býva vážnym problémom, nakoľko samotná udalosť má často vplyv na to, aké typy údajov sú k dispozícii.

GIS je možné počas výskytu mimoriadnej udalosti využiť niekoľkými spôsobmi:

- na mapovanie rozsahu katastrofy/mimoriadnej udalosti;

- Estimate of displaced residents or effected citizens;
- Estimation of the amount of debris to be removed to disposal [3,4] and the cost to repair and replace city infrastructure [5], street signs, traffic lights, schools, etc.

Further, we introduce the ways of GIS/geoinformation technologies application in the individual steps of the disaster management:

- Planning and Analysis: e.g. modelling, analysing spatial data and displaying community vulnerability;
- Situational Awareness: e.g. providing locational information on the disaster;
- Data Management: e.g. data gathering, storing, cataloguing;
- Field Operations: e.g. using mobile GIS technology [6,7].

Disaster managers from different state, region or municipality level use the GIS and geographical data for disaster planning, forecasting and early warning of disastrous event, for relief works and rescue operations management.

### 3 GIS and geoinformation technologies application in the disaster management – a review

There is introduced a review of scientific works of several mostly foreign experts on implementation of GIS and geoinformatics tools to disaster management. Those works are introduced considering the year of their publishing.

Coutinho et al. [9] introduced a geographically based situation understanding and information management system GeoWorlds for disaster relief operations that integrated geographic information systems, spatial digital libraries and other information analysis, retrieval and collaboration tools that can be used in several applications ranging from intelligence gathering to urban planning, to crisis management and response.

- Fischer, Fusco and Brugnani [7] described the integration of a demonstrator system, designed by European Space Agency (ESA), able to serve the need of real-time information exchange between a decision support centre and n-field clients, and GSM

na odhad poškodenia konštrukcie o percentuálnu stratu a mapovanie poškodených štruktúr;

- na odhad celkovej straty zo strany spoločnosti, s ohľadom na stavby na ubytovanie a výrobné, obchodné a kancelárske objekty [8];
- odhad vysídlených obyvateľov alebo poškodených občanov;
- odhad množstva odpadu, ktorý je potrebné odstrániť [3,4] a náklady na opravu a výmenu mestskej infraštruktúry [5], ulíc, dopravných značiek, škôl atď.

Ďalej uvádzame spôsoby aplikácie GIS / geoinformačných technológií v jednotlivých krokoch krízového riadenia:

- plánovanie a analýza: napr. modelovanie, analýza priestorových údajov a zobrazovanie zraniteľnosti komunity;
- situačné povedomie: napr. poskytovanie lokalizačných informácií vo vzťahu ku mimoriadnej udalosti/katastrofe;
- správa údajov: napr. zhromažďovanie, ukladanie, katalógizácia údajov;
- operácie v teréne: napr. pomocou technológií mobilného GIS [6,7].

Krízový manažéri na rôznych úrovniach štátu, regiónu alebo obce využívajú GIS a geografické údaje na krízové plánovanie, predpovedanie a včasné varovanie pred závažnými mimoriadnymi udalosťami a na riadenie záchranných prác.

Veľmi užitočným v krízovom riadení, najmä pri výkone záchranných prác, je mobilný GIS. Aj moderné webové GIS systémy predstavujú možné spôsoby podpory riadenia v čase výskytu reálnej mimoriadnej udalosti.

### 3 Aplikácie GIS a geoinformačných technológií v krízovom riadení - prehľad

Tu uvádzame literárny prehľad vedeckých prác niekoľkých, prevažne zahraničných odborníkov, na implementáciu nástrojov GIS a geoinformatiky do krízového riadenia. Tieto práce sú systematicky zoradené podľa roku ich vydania.

Coutinho et al. [9] predstavili informačný radiaci systém GeoWorlds, založený na geografickom pochopení situácie, pre podporu výkonu záchranných prác, integrujúci

based communication devices for disaster management operations. A client/server architecture was built. The light field-client was hosted on a hand-held communicator and connected to a positioning device (GPS/DGPS) and additional tools for in situ measurements. The server was hosting the decision support system build around a GIS environment. Using the GSM data calls and SMS protocol for near-real time information exchange (maps, images, text, etc.), the missions for these devices could be manifold, not only in the disaster domain.

Gunes and Kovel [10] described the use of a geographic information system (GIS) in emergency management efforts for disaster preparedness, mitigation, and response, and summarize an ongoing effort to build a GLS-based decision support system for the Douglas County Emergency Management Agency in the state of Kansas, to help emergency management officers in decision making, focusing on Douglas County's preparedness, mitigation, and response efforts for its most common disaster, flooding.

Bovalini et al. [11] introduced a computer supported approach to emergency planning, analysis and response. They applied the HARIA-2 methodology for external emergency planning and analysis. The main characteristic of HARIA-2 was that it considered both the physical phenomena and the sociological aspects of technological emergencies. The methodology was transferred in a software package named Demonstrator, which allowed quite fast simulations of various accident scenarios. It integrated databases and models needed for emergency planning, including those simulating population behaviour and evacuation plan, although in simplified mode.

Laben [12] presented activities and methods to integrate the knowledge, GIS and remote sensing data and tools, modelling and simulation technology, weather analysis, digital and information technology, and systems engineering processes for emergency managers and their applications at the U.S. Pacific Disaster Centre.

Tumay et al. [13] reviewed a subset of simulators developed to predict, track and minimize the effects of disasters in Turkey. Some technical details of the simulations, basic

geografické informačné systémy, priestorové digitálne knižnice a ďalšie nástroje na analýzu, vyhľadávanie, ktoré je možné použiť v rôznych aplikáciách od zhromažďovania informácií po plánovanie výstavby, krízového manažmentu a krízovej odozvy.

Fischer, Fusco a Brugnoli [7] popísali integráciu demonštračného systému navrhnutého Európskou vesmírnou agentúrou (ESA), ktorý je schopný v reálnom čase zabezpečiť potrebu výmeny informácií medzi centrom na podporu rozhodovania a klientmi v n-terénach a GSM komunikačnými zariadeniami pre operácie krízového riadenia. Vybudovaná bola architektúra klient / server. Tenký klient bol pripojený prostredníctvom ručného komunikátora pripojeného k polohovaciemu zariadeniu (GPS / DGPS) a ďalším prídavným zariadeniam určeným na meranie na mieste. Server obsahoval systém na podporu rozhodovania založený na prostredí GIS. Pomocou dátových volaní GSM a SMS protokolu používaného na výmenu informácií v reálnom čase (mapy, obrázky, text atď.) Tieto zariadenia možno využiť na zabezpečenie splnenia rôznych úloh, nielen tých, ktoré sa týkajú oblasti krízového riadenia.

Gunes a Kovel [10] popísali používanie geografického informačného systému (GIS) v krízovom riadení, a to v oblasti prípravy na mimoriadne udalosti, znižovaní dopadov a odozve, a sumarizovali pokračujúce úsilie o vybudovanie systému na podporu rozhodovania založeného na princípe GLS pre systém krízového riadenia Agentúry Douglas County v štáte Kansas, aby pomohla úradníkom v krízových situáciách pri rozhodovaní, zameriavajúc sa na pripravenosť a zmierňovanie dopadov mimoriadnych udalostí v oblasti Douglas County, a to pre najčastejšiu sa vyskytujúcu udalosť - povodeň.

Bovalini et al. [11] zaviedli počítačom podporovaný prístup ku krízovému plánovaniu, analýze a odozve. Aplikovali metodiku HARIA-2 pre externé krízové plánovanie a analýzu. Hlavnou charakteristikou HARIA-2 bolo to, že brala do úvahy fyzické javy a sociologické aspekty mimoriadnych udalostí technologického charakteru. Metodológia bola prevedená do softvérového balíka s názvom



underlying models of simulations, and extent of required remote sensing data were presented, too.

Erharuyi and Fairbairn [6] investigated and published the challenges of mobile geographic information handling for disaster management, particularly oil spill emergency response. They considered also measures to improve geographic information handling and to support rescue efforts during emergency response.

Montoya [14] pointed out the fact that for the management of urban disaster risk, periodic updating of building and lifeline geo- databases is crucial, particularly in developing countries where urbanisation rates are very high. In his work he explored the use of an off-the-shelf low-cost and rapid method of data collection for the development of a building inventory based on the combination of remote sensing, global positioning systems, digital video and geographic information systems. The method developed consisted of a sequence of stages, the first stage involved the use of remote sensing and GIS for stratification and mission planning purposes. The second stage consisted of using global positioning system and digital video for the creation of spatially referenced images and the third stage involved the use of GIS for display and analysis. The methodology developed was tested on the Costa Rican city of Cartago and its advantages and disadvantages were identified.

Bhaskaran et al. [15] focused integration of airborne hyperspectral sensor data and geographic information systems to develop a hailstones vulnerability map which had the potential to assist in decision making during post-disaster emergency operations in Sydney, Australia. A spectral library of surface materials from urban areas was created by using a full range spectroradiometer. The image was atmospherically corrected using the empirical line method. A spectral angle mapper (SAM) method, which is an automated method for comparing image spectra to laboratory spectra, was used to develop a classification map that shows the distribution of roofing materials with different resistances to hailstones. Spatial overlay technique was performed in a GIS environment where several types of cartographic data such as special hazard

Demonstrator, ktorý umožnil pomerne rýchle simulácie rôznych scenárov udalostí. Integroval databázy a modely potrebné na krízové plánovanie vrátane tých, ktoré simulujú správanie sa obyvateľov a plán evakuácie, hoci v zjednodušenom režime.

Tumay et al. [13] preskúmali podmnožinu simulátorov vyvinutých na predpovedanie, sledovanie a minimalizáciu dopadov mimoriadnych udalostí v Turecku. Prezentovali aj niektoré technické podrobnosti o simuláciách, základných modeloch simulácií a rozsahu údajov požadovaných zo zdrojov diaľkového prieskumu Zeme.

Erharuyi a Fairbairn [6] skúmali a zverejnili možnosti rozvoja týkajúce sa práce s geografickými informáciami z mobilných zariadení na účely krízového riadenia, najmä krízovej odozvy týkajúcej sa úniku ropnej látky. Navrhli aj opatrenia na zlepšenie manipulácie s geografickými informáciami a na podporu záchranných prác pri odozve na mimoriadne situácie.

Montoya [14] poukázal na skutočnosť, že pre riadenie rizika katastrof v meste je zásadnou pravidelná aktualizácia stavebných a záchranných geodatabáz, a to najmä v rozvojových krajinách, kde je miera urbanizácie veľmi vysoká. Vo svojej práci skúmal použitie lacného a rýchleho spôsobu zhromažďovania údajov pre vývoj inventarizácie budov, založeného na kombinácii údajov diaľkového prieskumu Zeme, globálnych polohovacích systémov, digitálnych videí a geografických informačných systémov. Vyvinutá metóda pozostávala zo série fáz. V prvej fáze sa používal diaľkový prieskum Zeme a GIS na účely stratifikácie a plánovania úloh. Druhá etapa pozostávala z použitia globálneho polohovacieho systému a digitálneho videa na vytvorenie priestorovo odkazovaných obrázkov a tretia etapa zahŕňala použitie GIS na zobrazenie stavu a jeho analýzu. Vyvinutá metodológia bola testovaná na príklade kostarického mesta Cartago. Identifikované boli jej výhody a nevýhody.

Bhaskaran et al. [15] sa zamerali na integráciu údajov získaných z leteckého hyperspektrálneho skenovania a geografických informačných systémov, za účelom vytvorenie

locations, population density, data about less mobile people and the street network were overlaid on the classified geo-referenced hyperspectral image.

Andreadis, Menicori and Pietrelli [16] introduced a real-time system for remote co-ordination of rescue teams. The system proposed has been developed for the "Operational Room" of the Civil Defence of the Siena Province (Italy), working primarily in emergency situations. It allowed the visualization and the real-time tracking of the rescue parties acting in the field, through an "Intelligent Board" installed in the Operational Room. The localization was visualized on Geographic Information System (GIS) maps and it could be implemented both through dedicated software, allowing high analysis capabilities, and through web browsers, enabling remote visualizations. The rescue teams were equipped with palmtop devices with networking capabilities, to communicate with the Operational Room and to point out in real time the occurrence of certain calamitous events (i.e. interrupted road, landslide, accident, etc.), thus allowing the coordination and distribution of these data to all the other rescue parties.

Cai et al. [17] introduced an approach to map-mediated geo-collaborative crisis management. They described a group interface for geographical information system, featuring multi-modal human input, conversational dialogues, and same-time, different place communications among teams.

Huyck et al. [8] introduced a centralized web-based loss estimation tool called INLET (Internet Map Servers) for disaster response. This was the first online real-time loss estimation system available to the emergency management and response community within Southern California. It incorporated extensive publicly available GIS databases and used damage functions simplified from FEMA's HAZUS (R) software. INLET was used to estimate building damage, transportation impacts, and casualties. The online model was used to simulate the effects of earthquakes, in the context of the larger RESCUE project, to test the integration of information technologies in evacuation routing. The simulation tool provided a "testbed" environment for

mapy zraniteľnosti voči krupobitiu, s cieľom poskytnutia podpory rozhodovania v súvislosti s realizáciou záchranných prác v období priamo po výskyte krupobitia v Sydney v Austrálii. Vytvorená bola spektrálna knižnica povrchových materiálov z mestských oblastí a to s pomocou spektorradiometra s plným rozsahom. Získané snímky boli atmosféricky korigované metódou empirickej čiary. Metóda mapovania spektrálneho uhla (SAM), ktorá je automatizovanou metódou na porovnávanie spektra obrazu s laboratórnymi spektrami bola použitá na vytvorenie mapy, ktorá na úrovni mesta ukazuje distribúciu strešných materiálov s rôznou odolnosťou voči krupobitiu. Technológia priestorového prekrytia sa vykonávala v prostredí GIS, kde bolo na klasifikovanom georeferencovanom hyperspektrálnom zobrazení prekrytých niekoľko typov kartografických údajov, ako sú špeciálne zdroje ohrozenia, hustota obyvateľstva, údaje o menej mobilných ľuďoch a siete ulíc.

Andreadis, Menicori a Pietrelli [16] predstavili systém pre použitie v reálnom čase, slúžiaci na diaľkovú koordináciu záchranných tímov. Navrhovaný systém bol vyvinutý pre "Operačnú miestnosť" civilnej ochrany v provincii Siena (Taliansko), ktorá pracuje predovšetkým počas krízových situácií. Tento systém umožnil vizualizáciu a sledovanie záchranných zložiek pôsobiacich v teréne v reálnom čase prostredníctvom "Inteligentnej Rady" nainštalovanej v Operačnej miestnosti. Lokalizácia bola vizualizovaná na mapách geografického informačného systému (GIS) a mohla byť implementovaná ako prostredníctvom špecializovaného softvéru, ktorý umožňuje analýzu údajov, tak aj a prostredníctvom webových prehliadačov, umožňujúcich tvorbu vizualizácií na diaľku. Záchranné zložky boli vybavené malými mobilnými zariadeniami s možnosťou pripojenia do siete, i s cieľom komunikovať s Operačnou miestnosťou a v reálnom čase poukázať na výskyt určitých mimoriadnych udalostí (napr. prerušená cesta, zosuvy pôdy, nehody atď.). Týmto spôsobom bola umožnená koordinácia a distribúcia týchto údajov všetkým ostatným záchranným zložkám.

Cai et al. [17] zaviedli prístup ku krízovému riadeniu na báze zdieľania map a

researchers to model the effect that disaster awareness and route familiarity can have on traffic congestion and evacuation time.

Chandio et al. [18] described a GIS-based route guiding system for optimal path planning in-disaster/crisis management, which is based on spatio-temporal hazard mitigation modelling using GIS and geospatial data mining techniques.

Hussain et al. [19] introduced an overview of emerging geo-information technologies (GIT) used for natural disaster management in Pakistan.

Uto et al. [20] proposed an early stage image acquisition system for situation observation. The mobile system was designed on the assumption that the main operator of the system is a rescue staff, who is occupied in the search and rescue of sufferers. The system consisted of a small-sized balloon, a balloon control system, a data acquisition and transmission unit and the data receiving system. A video signal acquisition unit was for the utilization in rescue side and a still image acquisition unit was for the utilization in decision-making side and GIS.

Mansourian et al. [21] addressed the role of Spatial Data Infrastructure (SDI) as a framework for the development of a web-based system as a tool for facilitating disaster management by resolving current problems with spatial data. They pointed out the fact, that the design and implementation of an SDI model and consideration of SDI development factors and issues, together with development of a web-based GIS, can assist disaster management agencies to improve the quality of their decision-making and increase efficiency and effectiveness in all levels of disaster management activities.

Xiao-Yun and Wang [22] proposed a video real-time position approach based on GIS and applied this approach to monitoring systems of disaster prevention, forest fire prevention GIS and the management command system of panorama on seacoast for police defence army, successfully.

Abdalla, Tao and Li [23] highlighted application challenges for GIS interoperability for emergency management with emphasis on critical infrastructure sectors. They provided as

geospolupráce. Popísali skupinové rozhranie pre geografický informačný systém s multimedialným ľudským vstupom, konverzačnými rozhovormi, komunikáciou medzi tímami v tom istom čase ale na rôznych miestach.

Huyck et al. [8] zaviedli centralizovaný nástroj pre účely krízovej odozvy na odhad straty prostredníctvom webu s názvom INLET (Internet Map Servers). Išlo o prvý on-line systém na odhad straty v reálnom čase, dostupný komunite krízových manažérov v oblasti južnej Kalifornie. Obsahoval rozsiahle verejne dostupné GIS databázy a bol založený na použití zjednodušenej funkcie poškodenia, prevzatéj zo softvéru HAZUS (R) poskytovanom organizáciou FEMA. INLET bol použitý na odhad škôd na budovách, dopravnej infraštruktúre a strát na ľudských životoch. Na simuláciu vplyvu zemetrasení, v kontexte väčšieho projektu RESCUE, bol použitý na otestovanie integrácie informačných technológií v plánovaní evakuačných trás online model. Simulačný nástroj poskytol výskumným pracovníkom prostredie "testovacieho priestoru" na modelovanie vplyvu, ktorý môže mať pripravenosť na mimoriadnu udalosť a poznanie evakuačnej trasy na vznik dopravných zápch a celkový čas evakuácie.

Chandio et al. [18] popísali systém na plánovanie trasy založený na báze GIS za účelom plánovania optimálnej trasy cesty ako súčasť krízového riadenia, ktorý je založený na modelovaní postupov vedúcich k zmierneniu dopadov časovo-priestorových hrozieb pomocou technológií GIS a geopriestorovej hĺbkovej analýzy údajov.

Hussain et al. [19] uviedli prehľad nových geoinformačných technológií (GIT) používaných na krízové riadenie v prípade výskytu živelných pohrôm v Pakistane.

Uto et al. [20] navrhol systém včasného pre získavanie obrazu v reálnom čase pre účely monitorovania vzniknutej situácie. Mobilný systém vychádzal z predpokladu, že hlavným prevádzkovateľom systému je obsluha z radov záchranných zložiek, ktoré sú nasadzované pri vyhľadávaní a záchrane osôb v tiesni. Systém pozostával z malého balóna, riadiaceho systému tohto balóna, zbernej a prenosovej jednotky a

a comparative analysis of emergency management operations in the City of Vancouver the City of Toronto, the Kitchener Waterloo Region, and the Dufferin County, as a scenario-based case study, which was aimed to provide a demonstration of the utility of GIS interoperability, for disaster management. They also discussed the strengths and weaknesses of leveraging GIS interoperability for disaster management.

Beni, Mostafavi and Pouliot [24] attempted to overcome the GIS limitations to simulating such natural phenomenon by proposing a 3D dynamic data structure, based on 3D Delaunay tetrahedralization, that deals with objects and field representation of space at the same time, and provides an on-the-fly interactive topological mesh for numerical simulation. To analyse the different capabilities of the proposed data structure, its application to flood simulation they discussed, too.

Cioca, Cioca and Buraga [25] introduced a spatial elements decision support system used in disaster management to be used in Romania.

Fernando, Waidyasekara and Dias [26] proposed a system based on web-GIS for post-disaster recovery management.

Han, Zhao and Dai [27] described an approach for shortest paths finding in fire succour based on component GIS technology. A component GIS technology was applied to collect and record the data information (such as, the situation of this disaster, map and road status et al) of the reported fire firstly. The ant colony optimization was used to calculate the shortest path of fire succour secondly. The optimization results were sent to the pumpers, which can let pumpers choose the shortest paths intelligently and come to fire position with least time.

Pezanowski, Tomaszewski and MacEachren [28] introduced an open geospatial standards-enabled Google Earth application "Google Earth Dashboard", a web-based interface powered by open geospatial standards and designed for supplementing and enhancing the geospatial capabilities of GE, to support crisis management. The GED allows users to create custom maps through WMS layer addition to GE and perform traditional GIS analysis functions.

systému prijímania údajov. Zariadenie na získanie signálu v podobe obrazu bolo určené na využitie na strane záchranej zložky a jednotka slúžiaca na získanie statických snímok bola určená pre stranu vykonávajúcu rozhodnutia a tiež v GIS.

Mansourian et al. [21] sa zaoberali úlohou infraštruktúry priestorových údajov (SDI) ako rámca pre vývoj webového systému a ako nástroja na uľahčenie procesov krízového riadenia, prostredníctvom riešenia aktuálnych problémov s využitím priestorových údajov. Zdôraznili skutočnosť, že návrh a implementácia modelu SDI a zváženie rozvojových faktorov a problémov SDI, spolu s vývojom webového GIS, môžu napomôcť agentúram krízového riadenia zlepšiť kvalitu ich rozhodovania a zvýšiť ich efektívnosť a účinnosť aktivít na všetkých úrovniach krízového riadenia.

Xiao-Yun a Wang [22] navrhli prístup získania video-pozície v reálnom čase založený na báze GIS a úspešne uplatnili tento prístup na monitorovacie systémy zamerané na prevenciu vzniku mimoriadnych udalostí, v GIS určenom na prevenciu vzniku lesných požiarov a veliteľskom riadiacom systém zachytávajúcom panorámu na pobreží pre potreby vojenskej polície.

Abdalla, Tao a Li [23] poukázali na problémy s aplikáciami pre interoperabilitu GIS v krízovom riadení, s dôrazom na odvetvia kritickej infraštruktúry. Poskytli, ako porovnávaciu analýzu operácií krízového riadenia v meste Vancouver; Toronto, regióne Kitchener Waterloo a okrese Dufferin, tak aj prípadovú štúdiu založenú na konkrétnom scenári, ktorej cieľom bolo poskytnúť ukážku možností využitia interoperability GIS v krízovom riadení. Tiež diskutovali o silných a slabých stránkach využívania interoperability GIS v krízovom riadení.

Beni, Mostafavi a Pouliot [24] sa pokúsili prekonať GIS obmedzenia simulácie prírodných javov tým, že navrhli 3D dynamickú dátovú štruktúru založenú na 3D Delaunayovej tetrahedralizácii, ktorá sa súčasne zaoberá objektmi a reprezentáciou priestoru v teréne a poskytuje interaktívnu topologickú sieť pre numerické simulácie. Na účely analýzy rôznych



Tahir [29] described the potential needs and geospatial technologies available for managing the initial disaster response phase in urban environment efficiently.

Wang, Alidaee and Altinakar [30] proposed a framework on developing a decision support tool for emergency management planning. This framework involved development of innovative dynamic risk and uncertainty analysis methods, and procedures making use of the visualization tools by integrating with GIS and other information support systems.

Furthermore, this framework involved building a knowledge base to improve the reliability and robustness of decision making.

Wang et al. [31] used the aerial photographs, Landsat TM, CBERS and the Quick Bird data, together with the technique of geography information system to investigate the landslides, rockfalls and debris flows on the Sichuan-Tibetan Highway in Tibet.

Weiser and Zipf [32] introduced an example of Web Service Orchestration of OGC Web Services application for disaster management purposes. As the example, a part of an evacuation scenario after a bomb was used. This scenario included the need for emergency route planning. They evaluated how the actions to be performed by the system supporting the rescue workers can be mapped onto a service chain of basic OWS. The service chain was represented as a BPEL (Business Process Execution Language) document and could be executed in a web service orchestration engine, such as Oracle BPEL-engine.

Xuan, Chen and Zhao [33] introduced some vivid examples of existing disaster early warning and management system and indicated their weakness. They also put forward some suggestions to improve the performance of analysed systems for early warning and monitoring and management of disasters.

Zou and Wang [34] discussed how to build a disaster information platform for urban crisis management with GIS technology support. Combined with remote sense and knowledge system the platform helps administrators in daily urban disaster inspection and prevention, disaster management and rescue operations as

možností navrhovanej dátovej štruktúry, diskutovali tiež o jej aplikácii na simuláciu povodní.

Cioca, Cioca a Buraga [25] zaviedli systém podpory rozhodovania o priestorových prvkoch, ktorý sa používa na krízové riadenie v Rumunsku.

Fernando, Waidyasekara a Dias [26] navrhli systém založený na webových GIS pre manažment obnovy po mimoriadnej udalosti.

Han, Zhao a Dai [27] opísali prístup k hľadaniu najkratšej cesty ciest pre poskytnutie pomoci pri požiari, založený na komponentoch GIS technológií. Tento je v prvom rade založený na zbere a zaznamenávaní údajov o požiari (ako napr. situácia týkajúca sa mimoriadnej udalosti, stav mapy a stav ciest atď.). Na výpočet najkratšej cesty pre príjazd hasičskej jednotky k požiaru bola použitá metóda optimalizácie na báze správania sa kolónií mravcov. Výsledky optimalizácie boli odoslané do hasičských vozidiel čím bolo možné následne inteligentne vybrať najkratšie trasy a dosiahnuť najkratší čas dojazdu.

Pezanowski, Tomaszewski a MacEachren [28] predstavili otvorenú, na báze geopriestorových štandardov založenú, Google Earth aplikáciu s názvom "Google Earth Dashboard". Ide o webové rozhranie založené na otvorených geopriestorových štandardoch a určené na doplnenie a rozšírenie geopriestorových kapacít Google Earth (GE) o podporu krízového riadenia. GED umožňuje používateľom vytvárať vlastné mapy prostredníctvom vrstvy WMS pridaného do GE a využívať tradičné funkcie GIS analýz.

Tahir [29] opísal potenciálne potreby a geopriestorové technológie, ktoré sú k dispozícii na efektívne riadenie v počiatočnej fáze odozvy na na vzniknutú krízu v mestskom prostredí.

Wang, Alidaee a Altinakar [30] navrhli rámec na vytvorenie nástroja na podporu rozhodovania pri krízovom plánovaní. Tento rámec zahŕňal vývoj inovatívnych dynamických metód analýzy rizík a neistôt a postupov využívajúcich vizualizačné nástroje, integrovaním s GIS a inými systémami na podporu poskytovania informácií. Okrem toho tento rámec zahŕňal budovanie poznatkovej well as rebuilding and reconstruction after the disaster.

Abed, Hongxia and Hongyan [35] examined the applicability of open source web-based GIS for sharing and distributing of data for emergency response operations. They support disas-

ter management as a powerful tool for collecting, storing, analysing, modelling, displaying large amount of data and decision making.

Coskun, Alganci and Usta [36] introduced the Geographic Information System (GIS) and Remote Sensing (RS) as an important tool to determine and help to solve described problems to monitor environment for risk assessment and management are needed to meet new challenges including terrorist attacks.

El-Korany and El-Bahnasy [37] presented a multi-agent-based approach, composed of a fire-control KADS-based expert system agents, GIS agent, and other sophisticated web-based services, for crisis management, especially fire-fighting and fire suppression.

Hu et al. [38] used the technique of spatial database engine to extend the spatial-data management function of the relational database. They established an emergency management system database model based on geodatabase, designed the structure of the system database, solved the problem of the association of the spatial data and the business data, and realized the seamless integration and unified storage and management of the spatial-data and the business data.

Peng, Li and Xu [39] developed an urban emergency rescue system prototype of natural hazards and its spatial database for Badong County, based on GIS spatial data management and analysis and remote sensing images. The system was constructed with a series of functions which include information inquiry, rescue searching, material delivery, person evacuation and settlement after disasters and further hazard information 3-D visualization through establishing 3-D feature images and building digital 3-D models.

Babitski et al. [40] proposed ontology-based integration of Sensor Web Services in disaster management, where the flow of information is

bázy, slúžiacej na zlepšenie spoľahlivosti a robustnosti rozhodovania.

Wang et al. [31] použili letecké snímky, družicové údaje Landsat TM, CBERS a Quick Bird, spolu s nástrojmi geografického informačného systému na zisťovanie zosuvov pôdy, skalných lavín a bahnotokov na Si-chuansko-tibetskej diaľnici v Tibete.

Weiser a Zipf [32] predstavili príklad aplikácie Web Service Orchestration ako súčasť aplikácie OGC Web Services na účely krízového riadenia. Ako príklad bola použitá časť scenára evakuácie po použití výbušniny. Tento scenár zahŕňal potrebu plánovania núdzových trás. Hodnotili, ako môžu byť činnosti vykonávané systémom na podporu

rozhodovania záchranárov zmapované do servisného reťazca základných OWS. Servisný reťazec bol predstavený ako dokument BPEL (Business Process Execution Language) a mohol by byť spracovaný v systéme riadenia webových služieb, ako napríklad Oracle BPEL.

Xuan, Chen a Zhao [33] predstavili niekoľko živých príkladov existujúceho systému včasného varovania a krízového riadenia a poukázali na ich slabé miesta. Predložili aj niekoľko návrhov na zlepšenie výkonnosti analyzovaných systémov včasného varovania, monitorovania a krízového riadenia.

Zou a Wang [34] diskutovali o tom, ako vybudovať platformu na informovanie o katastrofách pre účely krízového riadenia v mestách pomocou podpory GIS technológií. V kombinácii so systémom diaľkového prieskumu Zeme a poznatkovou bázou platforma pomáha administrátorom pri každodennej inšpekcii a prevencii vzniku mimoriadnych udalostí v mestskom prostredí, krízovom riadení a riadení a koordinácii záchranných prác, ako aj pri obnove a rekonštrukcii.

Abed, Hongxia a Hongyan [35] skúmali použiteľnosť webového GIS s otvoreným zdrojovým kódom na zdieľanie a distribúciu údajov pre operácie krízového riadenia. Potvrdili vhodnosť geografického informačného systému (GIS) na podporu krízového riadenia ako účinného nástroja na zber, ukladanie, analýzu, modelovanie, zobrazovanie veľkého množstva údajov a rozhodovanie.

overwhelming and sensor data must be easily accessible for non-experts (fire brigade officers). They proposed to support, in this context, sensor discovery and fusion by "semantically" annotating sensor services with terms from an ontology. In doing so, they employed several well-known techniques from the GIS and Semantic Web worlds, e.g., for semantic matchmaking and data presentation. The novel contribution of their work was a carefully arranged tool architecture, aimed at providing optimal integration support, while keeping the cost for creating the annotations at bay.

Baharin, Shibghatullah, Othman [41] introduced an application framework of integrated routing application for emergency response management system in Malaysia embedded with context-aware.

Abdalla and Li [42] provided an overview of the application of geospatial technologies for disaster and emergency management and an insight on the future directions of geospatial technologies for disaster management.

Al-Khudhairy [43] discussed the challenges in operational crisis management and described the role of information and geo-spatial technologies in meeting those challenges. He also discussed two main sources of data, Web and very high resolution (VHR) earth observation sensors, in terms of relevance to crisis management and techniques for information extraction and analysis.

Clark, Holliday and Chau [44] applied collaborative geospatial data to Haiti 2010 disaster relief. The application of geographic information (GIS) technology was a significant contribution to the relief efforts due to the centrality of location to issues of danger, resources, safety, communications, and so on, and due to the universal understanding of information rendered geospatially using 3-D globes. The U.S. Southern Command (SOUTHCOM) engaged Thermopylae to build a user-friendly GIS tool to reach a wide user base, fuse data from disparate sources, and immerse users in relevant content. The resulting SOUTHCOM 3D User-Defined Operational Picture united over 2,000 users to create, add, edit, update, and share data aggregated through GIS tools, existing databases, mobile

Coskun, Alganci a Usta [36] predstavili geografický informačný systém (GIS) a diaľkový prieskum Zeme (DPZ) ako dôležitý nástroj na určenie a pomoc pri riešení problémov s monitorovaním prostredia pre účely posudzovania a riadenia rizík, zahŕňajúc aj teroristické útoky.

El-Korany a El-Bahnasy [37] predstavili prístup založený na viacerých agentoch, ktorý pozostáva z agentov požiarnej kontroly KADS expertného systému, agenta GIS a ďalších sofistikovaných webových služieb slúžiacich ako podpora pre krízové riadenie a zdolávanie požiaru.

Hu et al. [38] použili techniku priestorových databázových systémov na rozšírenie funkcie riadenia priestorových údajov relačnej databázy. Vytvorili databázový model systémov krízového riadenia, založený na geodatabáze, navrhli štruktúru systémovej databázy, vyriešili problém spojenia priestorových údajov a firemných údajov a realizovali bezproblémovú integráciu a jednotné ukladanie a správu priestorových údajov a firemných údajov.

Peng, Li a Xu [39] vytvorili prototyp systému mestskej záchrannej služby obsahujúceho hrozby živelných pohrôm a priestorovú databázu pre provinciu Badong. Tento je založený na správe a analýze priestorových údajov GIS a údajov diaľkového prieskumu Zeme. Systém bol skonštruovaný so sériou funkcií, medzi ktoré patrí vyhľadávanie informácií, vyhľadávanie pre účely riadenia záchranných prác, dodávok materiálu, evakuácie osôb a obydľí po katastrofách a ďalšie informácie o hrozbe, 3D vizualizácie prostredníctvom vytvorenia 3D obrazov prvkov a budovania digitálnych 3-D modelov.

Babitski et al. [40] navrhli integráciu služieb Sensor Web Services na báze ontológie v oblasti krízového riadenia, kde prevláda tok informácií a údaje senzorov musia byť ľahko prístupné pre ne-odborníkov (dôstojníkov hasičských zborov). V tomto kontexte navrhli podporiť vyhľadávanie a fúziu senzorov pomocou "sémantickej" anotácie služieb senzorov s pojmami z ontológie. Týmto spôsobom využívali niekoľko známych techník z oblasti GIS a sémantického webu, napr. pre sémantické usporiadanie a prezentáciu údajov.

applications and other resources, geospatially. The UDOP was built on the enterprise geospatial framework, iSpatial (TM), which interacts with the Google Earth Plug-in (TM) browser application programming interface and provided SOUTHCOM's Joint Intelligence and Operations Center with interactive applications and an open platform for the integration of dynamic data for timely and publicly-accessible solutions.

Cosic et al. [45] proposed a method, implementing combined mathematical and 3D GIS tools, that was applied for the Danube River, Petrovaradin (the city of Novi Sad) area, for which data were available. The relationship between the risk parameters was calculated and graphically presented. They stated that the methods like this one should contribute to a shift from a passive disaster-related defense to a proactive disaster risk management, as well as from emergency management only, to disaster prevention, preparedness and mitigation activities, in Serbia and the Western Balkan Region.

Hazarika et al. [46] presented a capacity building project targeting most prevalent disasters in the south and south-east Asian countries by selecting relevant agencies, providing need-based technical support, imparting training for handling satellite data, conducting field verifications and guiding them to achieve tangible results. Several projects have been taken up in areas like flood, landslide, drought, earthquake, forest fire, tsunami, volcano monitoring etc. in 14 countries of the region involving national mapping agencies as well as disaster related or development agencies.

Wang and Yuan [47] introduced a high-mobility emergency system to demonstrate a good solution of the Sensor Web for multi-purpose disaster management.

Feng and Wang [48] in their study examined the current application of geospatial information technologies and highlighted the challenges of and constraints on GIScience research for emergency management that are particularly pertinent to Southeast Asia. Based on the generic GIScience research priorities noted by the University Consortium for Geographic Information Science, four topics

Novým prínosom ich práce bola starostlivo usporiadaná architektúra nástrojov zameraná na poskytovanie optimálnej integračnej podpory pri zachovaní nákladov na vytvorenie anotácií v čase tiesne.

Baharin, Shibghatullah, Othman [41] zaviedli aplikačný rámec integrovanej navigačnej aplikácie pre kontextovo založený systém riadenia krízovej odozvy v Malajzii.

Abdalla a Li [42] poskytli prehľad o aplikácii geopriestorových technológií pre krízové riadenie a prehľad o budúcich smeroch aplikácie geopriestorových technológií v krízovom riadení.

Al-Khudhairy [43] diskutoval o výzvach v operačnom krízovom riadení a opisuje úlohu informačných a geo-priestorových technológií pri riešení týchto problémov. Tiež diskutoval o dvoch hlavných zdrojoch údajov, údajov z webových zdrojov a zo senzorov diaľkového prieskumu Zeme s veľmi vysokým rozlíšením (VHR), a to vzhľadom na ich relevantnosť nasadenia v krízovom riadení a tiež technik používaných na získavanie a analýzu informácií.

Clark, Holliday a Chau [44] použili geopolitické údaje na účely riadenia záchranných prác na Haiti v roku 2010. Aplikácia technológie geografických informácií (GIS) bola významným príspevkom k úsiliu poskytnúť pomoc v tiesni a to najmä z dôvodu sústredenia pozornosti na problematiku nebezpečenstva, zdrojov, bezpečnosti, komunikácií atď., ako aj kvôli univerzálnemu pochopeniu informácií poskytovaných geograficky pomocou 3-D zobrazenia Zeme. Spoločnosť U.S. Southern Command (SOUTHCOM) sa spojila so spoločnosťou Thermopylae, aby vytvorili užívateľsky prívätivý GIS nástroj. Za účelom vytvorenia širokej užívateľskej základne, spojili údaje z rôznych zdrojov a vnorili užívateľov do relevantného obsahu. Výsledný užívateľom definovaný operačný obraz (UDOP) SOUTHCOM 3D spojil viac ako 2 000 používateľov a vytvoril, pridal, upravil, aktualizoval a zdieľal údaje agregované prostredníctvom nástrojov GIS, údaje z existujúcich databáz, mobilných aplikácií a iných zdrojov, geograficky. UDOP bol postavený na podnikovom geopriestorovom



most relevant to Southeast Asia were examined and discussed, including issues relating to use of spatial data, advancement and adoption of technology, dynamic representation of geographic processes, and public participation in emergency management.

Chen, Pena-Mora and Ouyang [5] presented a collaborative GIS based framework that facilitates equipment allocation in response to disasters. The framework was composed of three subsystems to facilitate information gathering and decision making for equipment distribution. First, an application that runs on mobile devices for on-field resource request was developed. Second, a resource repository was implemented with a geospatial database that enables spatial query of resources with a graphical interface. In addition, a GIS which enables automated decision making such as resource matching and route finding for resource distribution was presented. Integration of decision models into the framework to support complex decision making for equipment distribution was also proposed. With the framework in place, disaster response operations could become more efficient. Simulated test cases have been carried out for Champaign, IL the City of Chicago and the New York City.

Islam and Chik [49] described a case study of a disaster in Bangladesh and the role of an information management system for disaster management planning. They used a methodology that considers perceptions or constructions including the role of information systems to be dependent on the social and cultural structures, which is helpful in reducing destruction in disaster-prone areas. Advances in information technology in the form of the internet, geographic information systems (GIS), remote sensing, satellite communication, etc. Were found to be beneficial in many aspects of the planning and implementation of hazard reduction arrangements.

Wu, Su and Chu [50] constructed a location-based service network for mobile emergency management according to the application requirements and specific features of border public safety and emergency responding. The network realized mobile emergency monitoring and commanding based on the Beidou terminal,

rámci iSpatial (TM), ktorý interaguje s programovým rozhraním aplikácie prehliadača Google Earth Plug-in (TM) a poskytuje spoločnému informačnému a operačnému centru spoločnosti SOUTHCOR interaktívne aplikácie a otvorenou platformou pre integráciu dynamických údajov za účelom tvorby aktuálnych a verejne prístupných riešení.

Cosic et al. [45] navrhli metódu na implementáciu kombinovaných matematických a 3D GIS nástrojov, ktoré použili pre územie povodia rieky Dunaj, konkrétne Petrovaradinu (mesto Novi Sad), pre ktoré mali k dispozícii údaje. Vypočítali a graficky prezentovali vzťah medzi rizikovými parametrami. Uviedli, že takéto metódy by mali prispieť k posunu od pasívnej obrany voči mimoriadnou udalosťou k proaktívnemu riadeniu rizík vzniku mimoriadnych udalostí, ako aj k posunu z výlučne krízového riadenia k prevencii, pripravenosti a zmierneniu následkov mimoriadnych udalostí v Srbsku a v regióne západného Balkánu.

Hazarika et al. [46] predstavili projekt budovania kapacít zameraný na najrozšírenejšie katastrofy v krajinách južnej a juhovýchodnej Ázie, a to výberom príslušných agentúr, poskytovaním technickej podpory v zmysle definovaných potrieb, poskytovaním školení na spracovanie družicových záznamov, vykonávaním overovania v teréne a usmerňovaním za účelom dosiahnutia hmatateľných výsledkov. Problematikami ako sú povodne, zosuvy pôdy, sucho, zemetrasenie, lesné požiare, cunami, sledovanie sopiek atď. sa v 14 krajinách skúmaného regiónu zaoberalo niekoľko projektov, do ktorých boli zapojené národné mapovacie agentúry, ako aj agentúry krízového riadenia alebo rozvojové agentúry.

Wang a Yuan [47] zaviedli krízový systém s vysokou mobilitou na preukázanie vhodnosti aplikácie riešenia Sensor Web pre viacúčelové krízové riadenie.

Feng a Wang [48] vo svojej štúdii skúmali súčasnú aplikáciu geopriestorových informačných technológií a vyzdvihli problémy a obmedzenia výskumu GIScience pre oblasť krízového riadenia, ktoré sú relevantné osobitne pre oblasť juhovýchodnej Ázie. Na základe všeobecných výskumných priorít GIScience, ktoré uviedlo univerzitné konzorcium pre

GPS terminal, intelligent PDA, Beidou satellite communication networks, and China GSM network. Beidou vehicle-type receiver is used as the access module in the service center (instead of Beidou command-type receiver) to receive other Beidou terminals' location and information, in order to reduce the Beidou networking applications cost. The location and information fusing and exchanging technology between Beidou terminal and GPS terminal was developed and the networking method was studied to realize the functions such as task forcing, information exchanging, neighborhood location exchanging, command dispatching, etc. So the personnel, vehicles, and materials can be monitored in none ground mobile communication signal coverage areas. In the emergency location-based service network, PDA terminals can communicate with Beidou terminals, and can monitor and command other GPS and Beidou terminals based on mobile GIS. The network provides the viable solution for emergency management, which in face of the problems of location sharing, team cooperation, and mobile commanding in the accident and disaster site.

Zhang, Geng, Cheng [51] pointed out the significant demand for natural disaster emergency of Chinese nation and the need to develop the synthesis research of monitoring based on satellite navigation positioning, embedded GIS and sense technology, which will develop navigation mobile terminal oriented on national four-stage disaster emergency reduction platform to realize the seamless connection and application model of national disaster emergency response, the rescue command system, and disaster business evaluation system in order to offer the technique support for the enhancement of national overall reduction ability and built national four-stage disaster emergency response and rescue command system.

Neuvel, Scholten and van den Brink [52] developed a concept focusing the network-centric organisation of spatial decision support for risk and emergency management. The concept was made operational through the development of an information system and the exchange of geographical information within the system was facilitated by the use of peer-to-peer networking in combination with a client

geoinformatiku, boli preskúvané a diskutované štyri témy, ktoré sú najrelevantnejšie pre juhovýchodnú Áziu, vrátane otázok týkajúcich sa využívania priestorových údajov, pokroku a prijímania technológií, dynamického zobrazovania geografických procesov a účasti verejnosti na krízovom riadení.

Chen, Pena-Mora a Ouyang [5] predstavili spoločný GIS rámec, ktorý uľahčuje pridelovanie zdrojov v odozve na mimoriadnu udalosť. Tento rámec pozostával z troch podsystémov, ktoré uľahčujú zhromažďovanie informácií a rozhodovanie o distribúcii zdrojov. Ako prvá bola vyvinutá aplikácia, ktorá sa spúšťa na mobilných zariadeniach na účely vyžiadania zdrojov v teréne. Ako druhé bolo implementované úložisko zdrojov s geopriestorovou databázou, ktorá umožňuje priestorové vyhľadávanie zdrojov pomocou grafického rozhrania. Okrem toho bol predstavený GIS, ktorý umožňuje automatizované rozhodovanie pri porovnávaní zdrojov a hľadani trasy pre distribúciu zdrojov. Navrhnutá bola tiež integrácia rozhodovacích modelov do rámca na podporu komplexného rozhodovania o distribúcii zdrojov. So zavedeným rámcom by sa operácie odozvy na mimoriadnu udalosť mohli stať účinnejšími. Simulované testovacie prípady boli vykonané pre spoločnosť Champaign IL, mesto Chicago a mesto New York.

Islam a Chik [49] popísali prípadovú štúdiu mimoriadnej udalosti v Bangladéši a úlohu systému riadenia informácií pre krízové plánovanie. Použili metodológiu, ktorá berie do úvahy vnímanie a architektúru, vrátane úlohy informačných systémov, tak aby boli závislé na spoločenských a kultúrnych štruktúrach, čo považujú za užitočné pri znižovaní škôd v oblastiach náchylných na výskyt mimoriadnych udalostí. Pokrok v oblasti informačných technológií vo forme internetu, geografických informačných systémov (GIS), diaľkového prieskumu Zeme, satelitnej komunikácie atď., poukázal na ich prínos v mnohých aspektoch plánovania a implementácie opatrení na zníženie nebezpečenstva.

Wu, Su a Chu [50] vytvorili na poohovo lokalizovanú servisnú sieť pre účely mobilného krízového riadenia podľa požiadaviek aplikácie

server network. On the application level, the information was presented in both map and text forms to support the exchange of information between actors. This way of organising geographical information and technology leads to improved information and communication, better situational awareness and faster decision making.

Cao, Luo and Wang [53] designed a provincial disaster relief and emergency command GIS platform, and built integration geographic information online service system based on multi-node. This design of GIS emergency command system achieved vertical and horizontal connectivity and effective integration of geographic information resources for city, provincial, and state. It offered online geographic information services for the government's macroeconomic policy, emergency management, and social welfare services, and enhances geographic information and public service capacity and level under conditions of informatization.

Erden [54] proposed to improve disaster and emergency management activities using the geospatial tools with special reference to Turkey. He considered that GIS and spatial decision support systems (SDSS) can be powerful tools for analysis because each phase in the disaster and emergency management cycle is geographically and spatially related to one another.

Grecea, Musat and Vilceanu [55] described GIS role as an efficient management tool for a huge amount of spatial urban relevant data thus contributing to the optimization of the activity carried on by the local administrations. Accurate cartographic feature extraction, map updating, digital city models and 3D city models in urban areas they consider to be essential for many applications, such as mapping of buildings and their heights, simulation of new buildings, military operations, disaster management, updating and keeping cadastral databases current, and also for virtual reality.

Karnatak et al. [56] focused on spatial mashup solution for disaster management using open source GIS, mobile applications, web services in web 2.0, Geo-RDBMS and XML which are in the central of intelligent geo web

a špecifických vlastností verejnej bezpečnosti a odozvy na krízové situácie. Táto sieť pre územie Číny poskytuje mobilné krízové monitorovanie a riadenie na báze terminálu Beidou, terminálu GPS, inteligentného PDA, satelitných komunikačných sietí Beidou a siete GSM. Prijímač typu Beidou sa používa ako prístupový modul v servisnom stredisku (namiesto Beidou prijímača príkazového typu) na prijímanie informácií o polohe terminálov Beidou, za účelom zníženia nákladov na sieťové aplikácie spoločnosti Beidou. Vyvinutá bola technológia fúzie a výmeny informácií o polohe a výmene informácií medzi terminálom Beidou a terminálom GPS a skúmaná bola i metóda vytvárania sietí na realizáciu funkcií ako je pridelenie úloh, výmena informácií, výmena informácií o polohe, dispečing príkazov atď. Týmto spôsobom je personál a materiál možné monitorovať aj v podmienkach prostredia bez pokrytia mobilnými komunikačnými signálmi. V krízovej polohe lokalizovanej servisnej sieti môžu terminály PDA komunikovať s terminálmi spoločnosti Beidou a môžu monitorovať a ovládať iné terminály GPS a Beidou na báze mobilného GIS. Sieť poskytuje životaschopné riešenie pre krízové riadenie, ktoré čelí problémom zdieľania polohy, tímovej spolupráce a mobilného velenia na mieste nehody a mimoriadnej udalosti.

Zhang, Geng, Cheng [51] poukázali na značný dopyt po vybudovaní systému krízového riadenia pre prípad živelných pohrôm v prípade čínskeho národa a na potrebu rozvinúť syntézu výskumu monitorovania územia založeného na satelitnej polohovej lokalizácii, integrácii GIS a senzorových technológií, ktorého výsledkom by bol vývoj navigačný mobilný terminál orientovaný na národnú štvorstupňovú platformu na znižovania dopadov mimoriadnych udalostí s cieľom realizovať bezproblémové prepojenie a aplikačný model národnej krízovej odozvy na mimoriadne udalosti, systém velenia pri záchranných prácach, podnikový systém hodnotenia kríz, s cieľom ponúknuť technickú podporu slúžiacu na zvýšenie celkových možností národa na znižovanie dopadov mimoriadnych udalostí a budovanie národných štvorstupňových systémov krízovej odozvy na

services. The geo-web application was developed to generate the actionable GIS products at user end during disaster event by consuming various data and information services from web and central server system and also real time ground observation data collected through a mobile device. The technological solution developed in this study was successfully demonstrated for disaster management in the Assam State of India during the floods in 2010.

Vescoukis, Doulamis and Karagiorgou [57] introduced a service-oriented architecture for decision support systems in environmental crisis management.

Wei et al. [58] proposed the basic structure of the decision-making and management system for the planning of urban hazard prevention based on ArcGIS. In comparison between two different ArcGIS

secondary development strategies, a similar software inclusive framework-based software structure of the decision-making and management system for the planning of urban hazard prevention has been proposed, where software interfaces and their realizations for the C++ classes and the main functions were developed and introduced.

The aim of the work of Xiong et al. [59] was to enhance the emergency response capacity of the traffic guidance system in disaster environment, discuss the framework of the traffic guidance system and the key technology of update electronic map, real time add disaster information, establish road impedance function, analysis optimal induction path. Based on the theoretical research, design and to develop the traffic guidance system for disaster emergency rescue using C# and ArcObject. The research results had important theoretical and practical significance in enhancing the ability of disaster rescue and administrative management to reply unexpected major disaster events.

Balbo et al. [60] published a case study scenario of setting up a Web platform based on GeoNode. It is a public platform called MASDAP and promoted by the Government of Malawi in order to support development of the country and build resilience against natural disasters. A substantial amount of geospatial

mimoriadne udalosti a systému velenia pri záchranných prácach.

Neuvel, Scholten a van den Brink [52] vytvorili koncepciu zameranú na organizáciu podpory priestorového rozhodovania v manažmente rizík a mimoriadnych udalostí. Táto koncepcia bola implementovaná prostredníctvom vývoja informačného systému a výmena geografických informácií v rámci systému bola uľahčená použitím siete peer-to-peer v kombinácii s klientskou serverovou sieťou. Na úrovni aplikácie, za účelom podpory výmeny informácií medzi aktérmi, boli informácie prezentované v mapových aj textových formách. Tento spôsob organizovania geografických informácií a technológií vedie k lepšej informovanosti a komunikácii, lepšiemu poznaniu situácie a rýchlejšiemu rozhodovaniu.

Cao, Luo a Wang [53] navrhli provinčnú príkazovú GIS platformu na pomoc pri odstraňovaní následkov mimoriadnej udalosti a vybudovali integráciu geografickej informácie a systému online služieb, založeného na viacerých uzloch. Táto koncepcia GIS príkazového systému má vertikálnu a horizontálnu konektivitu a poskytuje efektívnu integráciu geografických informačných zdrojov pre úroveň mesta, provincie a štátu. Poskytuje on-line geografické informačné služby pre vládnu makroekonomickú politiku, krízové riadenie a služby sociálneho zabezpečenia a zlepšuje geografické informácie a kapacity a úroveň verejných služieb v podmienkach informatizácie.

Erden [54] navrhol zlepšiť činnosti v oblasti krízového riadenia s využitím geopriestorových nástrojov, s osobitným dôrazom na Turecko. Domnieva sa, že GIS a systémy pre podporu priestorového rozhodovania (SDSS) môžu byť silnými nástrojmi na analýzu, pretože každá fáza cyklu krízového riadenia je geograficky a priestorovo navzájom prepojená.

Grecea, Musat a Vilceanu [55] popísali úlohu GIS ako účinného nástroja riadenia obrovského množstva údajov týkajúcich sa priestorových aspektov mestského prostredia, čím prispeli k optimalizácii činnosti miestnej správy. Presný výber kartografických funkcií, aktualizácia máp, digitálne modely mesta a 3D modely mesta v zastavaných oblastiach sa



contributed to get a good management of risks and their consequences.

Kawasaki, Berman and Guan [64] examined changes in disaster response and relief efforts and recent web-based geospatial technological developments through an evaluation of the experiences of the Center for Geographic Analysis, Harvard University, of the Sichuan (2008) and Haiti (2010) earthquake responses. They outlined how conventional GIS disaster responses by governmental agencies and relief response organisations and the means for geospatial data-sharing have been transformed into a more dynamic, more transparent, and decentralised form with a wide participation. It began by reviewing briefly at historical changes in the employment of geospatial technologies in major devastating disasters, including the Sichuan and Haiti earthquakes (case studies for our geospatial portal project). Then, it went on to assess changes in the available dataset type and in geospatial disaster responders, as well data has been collected about hydrogeological risk, as well as several other-disasters related information. Moreover this platform helps to ensure that the data created by a number of past or ongoing projects is maintained and that this information remains accessible and useful. An Integrated Flood Risk Management Plan for a river basin has already been included in the platform and other data from future disaster risk management projects were added as well.

Breen and Parrish [61] introduced the results of a multidisciplinary team participating in a research focusing the identification of differing aspects of GIS in disaster situations. Research findings were provided along with future implications and recommendations for understanding organizational cultures; a necessary step for increasing the effectiveness of first response agencies during the numerous phases of emergency operations.

Dahlan, Dahan and Saman [62] published the literature findings on success factors that ensure the quality of government information sharing (GIS) in supporting effectively DM. Accordingly, the identified factors were classified into major categories, namely political leadership support, inter-agency collaboration, individual agency capacity including ICT, and agency benefits.

považujú za nevyhnutné pre mnohé aplikácie, ako je napr. mapovanie budov a ich výšky, simulácia nových budov, vojenské operácie, krízové riadenie, aktualizácia a udržiavanie katastrálnych databáz, ale aj pre tvorbu virtuálnej reality.

Karnatak, Shukla, Sharma et al. [56] sa sústredili na riešenie priestorového riešenia mashupu pre krízové riadenie, a to pomocou open source GIS, mobilných aplikácií, webových služieb vo web 2.0, Geo-RDBMS a XML, ktoré sú v centre pozornosti inteligentných geo webových služieb. Geo-webová aplikácia bola vyvinutá na generovanie funkčných produktov GIS pre koncových užívateľov počas mimoriadnej udalosti, a to tak že používa rôzne údajové a informačné služby z webového a centrálného serverového systému a tiež údaje z terestriálnych pozorovaní v reálnom čase, získané prostredníctvom mobilného zariadenia. Technologické riešenie bolo úspešne demonštrované na príklade krízového riadenia v indickom štáte Assam počas povodní v roku 2010.

Vescoukis, Doulamis a Karagiorgou [57] zaviedli architektúru orientovanú na služby pre systémy na podporu rozhodovania v oblasti riadenia environmentálnych kríz.

Wei et al. [58] navrhli základnú štruktúru rozhodovacieho a riadiaceho systému báze ArcGIS pre plánovanie preventívnych opatrení za účelom predchádzania výskytu mimoriadnych udalostí v mestskom prostredí na. V porovnaní s dvoma rôznymi stratégiami sekundárneho rozvoja ArcGIS bola navrhnutá podobná softvérová štruktúra rámcovo založená na systéme rozhodovania a riadenia plánovania prevencie výskytu mimoriadnych udalostí v mestách, kde boli vytvorené softvérové rozhrania a ich realizácie pre triedy C++ a boli vyvinuté a zavedené aj ich hlavné funkcie.

Cieľom práce Xiong et al. [59] bolo zlepšiť kapacitu odozvy na krízové situácie v systéme riadenia dopravy v podmienkach krízy, prediskutovať rámec systému dopravného riadenia a kľúčovú technológiu aktualizácie elektronickej mapy, v reálnom čase pridávať informácie o katastrofe, vytvoriť funkciu cestnej impedancie, analýzu optimálnej trasy cesty. Na základe teoretického výskumu navrhnúť a vyvinúť systém riadenia dopravy

Hamani and Boudjema [63] introduced a generic model helps to transit from crisis management to natural disasters risk management and stabilize sustainable development in Algeria. The model helps to stabilize a base for sustainable development, by stimulating resilience and response capacity of the community to the risks. It is an informational and organizational tool based on the characterization of risks, considering the hazard and vulnerability. Therefore, a qualitative and quantitative analysis is required to identify and assess the risks to develop appropriate response plans. The proposed model integrated two systems; Geographic Information System (GIS) and the DataBase Management System (DBMS). This one provided the public with a real and concrete transmission of information. In addition, it ensured the optimal management of resources, by an intensive and efficient insertion of society in different plans. Finally, this model

as the impact of geospatial technological changes on disaster relief effort. Finally, they discussed lessons learned from recent responses and offers some thoughts for future development.

Negula et al. [65] described the potential of downstream copernicus service application for emergency management in Romania. The satellite imagery has a major contribution to all the phases of the emergency management process. Space-based information in support of disaster monitoring can be obtained through the International Charter on Space and Major Disasters, Copernicus (The European Earth Observation Programme) Emergency Management Service (EMS) and the United Nations Platform for Space-based Information for Disaster Management and Emergency Response (UN-SPIDER). All these services offer unified systems of space data acquisition and delivery to the countries affected by natural or man-made disasters, with a worldwide coverage. In this context, a downstream Copernicus service was built in Romania, acting like a geoinformation platform for local disaster and risk management, to provide value-added products that cover all the phases of a disaster.

Teeuw et al. [66] examined the disaster management applications of geographical

pre záchranné zložky pomocou C # a ArcObject. Výsledky výskumu mali dôležitý teoretický a praktický význam pri zvyšovaní možností včasného poskytnutia pomoci osobám v tiesni a administratívneho riadenia odozvy na neočakávané veľké katastrofy.

Balbo et al. [60] uverejnili scenár prípadovej štúdie zameranej na vytvorenie webovej platformy založenej na GeoNode. Je to verejná platforma s názvom MASDAP a podporovaná vládou Malawi s cieľom podporiť rozvoj krajiny a vybudovať odolnosť voči prírodným katastrofám. Zaznamenané bolo značné množstvo geopriestorových údajov o hydrogeologickom riziku, ako aj niekoľko informácií týkajúcich sa iných druhov mimoriadnych udalostí. Okrem toho táto platforma pomáha zabezpečiť zachovanie údajov vytvorených v rámci predchádzajúcich alebo súčasných projektov a tieto informácie zostávajú ďalej prístupné. Do tejto platformy už bol zahrnutý Integrovaný plán riadenia rizík povodní pre povodie rieky a predané boli aj ďalšie údaje z pripravovaných projektov zameraných na manažment rizík mimoriadnych udalostí.

Breen a Parrish [61] predstavili výsledky multidisciplinárneho tímu, ktorý sa bol zapojený do výskumu zameraného na identifikáciu rôznych aspektov GIS v krízových situáciách. Autori poskytli výsledky výskumu, tieto boli doplnené o očakávané dôsledky a odporúčania týkajúce sa pochopenia organizačných kultúr. Ide zároveň o nevyhnutný krok k zvýšeniu účinnosti agentúr prvej odozvy vo viacerých fázach krízového riadenia.

Dahlan, Dahan a Saman [62] publikovali zistenia zo štúdia dostupných zdrojov literatúry o faktoroch úspechu, ktoré zabezpečujú kvalitu zdieľania vládnych informácií na účely efektívnu podpory krízového riadenia. Identifikované faktory boli zaradené do hlavných kategórií, konkrétne podpora politického vedenia, spolupráca medzi agentúrami, kapacity jednotlivých agentúr vrátane IKT a prínosy agentúry.

Hamani a Boudjema [63] zaviedli všeobecný model, ktorý pomáha pri prechode z krízového riadenia na riadenie rizík živelných pohrôm a stabilizácii trvalo udržateľného rozvoja v

information systems and remote sensing, relative to the disaster cycle, in pre-disaster, crisis and post-disaster contexts. They focused on the uses and limitations of free or low-cost data and software.

Tsai and Yau [67] proposed an approach for dealing with three problems associated with emergency situations, i.e., inadequate escape guidelines for people, incomplete geographical information for relief workers, and insufficient on-site information for disaster managers. They tested the approach in a simulated scenario, when serious debris flows occurred. The test results showed that the people rapidly finished self-evacuation, the relief workers effectively completed their on-site relief work, and the disaster managers successfully managed the on-site activities regarding the people and relief workers. Overall, the recommended approach improved information access for emergency response and provided a useful reference for similar applications in disaster management.

Atila, Karas and Rahman [68] designed a Knowledge Based Decision Support System and 3D navigation system for Indoor Visualisation and Routing Simulation. To implement the 3D visualization and navigation techniques and solutions for indoor spaces within 3D-GIS, they proposed a GIS implementation that can carry out 3D visualization of a building model stored in the CityGML format and perform analysis on a network model stored in Oracle Spatial. The proposed GUI also provided routing simulation on the calculated shortest paths with voice commands and visual instructions.

Brachman and Dragicevic [69] designed and implemented the Network Science Emergency Evacuation Model (NetSEEM), using spatially explicit network science principles. The developed NetSEEM model was applied to four evacuation scenarios in the City of Burnaby, BC, Canada. The results showed expected congestion patterns at the major transportation intersections and highlight NetSEEM as an exploratory management tool to anticipate and mitigate traffic congestion during context-dependent emergency evacuations.

Gaikwad, Wanjari and Kale [70] described the challenges of integration of Web Services with Geospatial Data Mining for disaster

Alžírsku. Tento model pomáha stabilizovať základ pre trvalo udržateľný rozvoj tým, že stimuluje odolnosť a schopnosť komunity reagovať na riziká. Ide o informačný a organizačný nástroj založený na charakterizácii rizík s ohľadom na hrozbu a zraniteľnosť. Preto je potrebná pri vypracovaní vhodných plánov odozvy kvalitatívna a kvantitatívna analýza za účelom identifikácie a hodnotenia rizík. Navrhovaný model integroval dva systémy; Geografický informačný systém (GIS) a systém riadenia databázy (DBMS). Toto poskytlo verejnosti skutočný a konkrétny prenos informácií. Okrem toho zabezpečila optimálne riadenie zdrojov, intenzívnym a efektívnym vkladaním spoločnosti do rôznych plánov. Nakoniec tento model prispel k efektívnemu manažmentu rizík a ich následkov.

Kawasaki, Berman a Guan [64] skúmali zmeny v odozve na mimoriadne udalosti a úsilie o pomoc a nedávny webový geopriestorový technologický rozvoj prostredníctvom hodnotenia skúseností Centra pre geografickú analýzu Harvardskej univerzity s riešením krízovej odozvy v prípade zemetrasenia v Sichuane (2008) a Haiti (2010). Poukazujú na to, ako GIS krízové odozvy na katastrofy v zo strany vládnych agentúr a organizácií nápomocných pri riešení problémov a prostriedky na zdieľanie geopriestorových údajov boli transformované do dynamickejšej, transparentnejšej a decentralizovanejšej formy so širokou participáciou. Proces začal krátkym preskúmaním historických zmien v používaní geopriestorových technológií pri veľkých ničivých katastrofách, vrátane zemetrasení v Sichuane a na Haiti (prípadové štúdie pre projekt geopriestorových portálov). Ďalej pokračoval v posúdení zmien v dostupnom súbore údajov a na užívateľoch geopriestorových údajov v čase výskytu mimoriadnej udalosti, ako aj na vplyv geografických technologických zmien na poskytovanie pomoci v tiesni, resp. výkon záchranných prác. Nakoniec diskutovali o ponaučeníach z nedávnych krízových odozviav a ponúkli pohľad na budúci vývoj v tejto oblasti.

Negula et al. [65] popísali potenciál aplikácie služby Copernicus pre riadenie krízových situácií v Rumunsku. Satelitné snímky majú významný prínos vo všetkých fázach procesu

management purposes. The disaster management system for accident, incorporating the GIS and spatial data mining, can identify the accidental spot and provide the optimal routes to reach the desired location. Web services can be used to show the routing path but this will not help to the need people who cannot reach to the facility by themselves. They also proposed a SMS alert system for government authorities so they can reach on the spot and also extraction of knowledge rules for further prediction and analysis of accidents by data mining.

Grzeda, Mazzuchi, Sarkani [4] described the use of binomial cluster analysis in potential disaster debris management sites identification in a case study conducted in Hamilton County, Indiana.

Ma et al. [71] proposed and tested the crowdsourcing-compatible disaster information management system based on GIS, including its' content, architecture, technical challenge and future development direction.

Musacchio, Russo [72] pointed out the need to develop an approach to the problem of civil defense emergency management that must be fully modernized, opened to new technologies and services available, so that the reaction to emergencies can take place in real time and emergency operators can actually interact with the outside world and with social media, managing external communications and rescue operations with the necessary authority.

Ahmadi, Seifi, Tootooni [73] proposed a multi-depot location-routing model considering network failure, multiple uses of vehicles, and standard relief time. The model determined the locations of local depots and routing for last mile distribution after an earthquake. The model was extended to a two-stage stochastic program with random travel time to ascertain the locations of distribution centers. A variable neighborhood search algorithm was devised to solve the deterministic model. Computational results showed that the unsatisfied demands can be significantly reduced at the cost of higher number of local depots and vehicles.

Arora et al. [74] provided a comparative analysis among the cadastral map, digitized map and GPS survey to demonstrate the difference between actual boundaries of the

krízového riadenia. Informácie z vesmíru na podporu monitorovania mimoroadných udalostí možno získať na základe Medzinárodnej charty pre vesmír a veľké katastrofy, a z programu Copernicus (Európsky program pozorovania Zeme) služby pre krízové riadenie (EMS) a Platformy OSN pre kozmické informácie pre krízové riadenie a krízovú odozvu (UN-SPI-DER). Všetky tieto služby ponúkajú zjednotené systémy získavania a dodávania kozmických údajov do krajín postihnutých prírodnými katastrofami alebo katastrofami spôsobenými ľudskou činnosťou s celosvetovým pokrytím. V tomto kontexte bola v Rumunsku vyvinutá nadväzujúca služba Copernicus, ktorá pôsobí ako geoinformačná platforma pre lokálne mimoriadne udalosti a riadenie rizík s cieľom poskytnúť produkty s pridanou hodnotou, ktoré pokrývajú všetky fázy vývoja mimoriadnej udalosti.

Teeuw et al. [66] skúmali aplikácie geografických informačných systémov a diaľkového prieskumu Zeme v súvislosti s krízovým riadením vo vzťahu k cyklu vývoja mimoriadnej udalosti v kontexte pred mimoriadnou udalosťou, v čase krízy a po udalosti. Zamerali sa na použitie a obmedzenia voľne dostupných alebo nízko nákladových údajov a softvéru.

Tsai a Yau [67] navrhli prístup k riešeniu troch problémov spojených s mimoriadnymi situáciami, t. j. neadekvátne usmernenia pre únik osôb, neúplné geografické informácie pre pracovníkov v teréne a nedostatočné informácie o mieste udalosti pre krízových manažérov. Testovali prístup na základe simulovaného scenára, v ktorom došlo k závažnému zosuvu sutiny. Výsledky testov ukázali, že ľudia rýchlo ukončili sebaevakuáciu, terénny pracovníci efektívne dokončili svoju prácu na mieste a krízový manažéri úspešne riadili aktivity v mieste výskytu mimoriadnej udalosti, týkajúce sa záchrany ľudí a koordinácie pracovníkov v teréne. Celkovo tento prístup zlepšil prístup k informáciám o krízovej odozve a poskytol užitočné referencie pre podobné aplikácie v krízovom riadení.

Atila, Karas a Rahman [68] navrhli systém na podporu rozhodovania založený na poznatkovej báze a 3D navigačný systém pre vnútornú vizualizáciu a simulácie smerovania. Na implementáciu 3D vizualizácie a navigačných techník a riešení pre vnútorné priestory v 3D-GIS



village and its status in traditional revenue records system, in the framework of the case study of village Rahimpur. This lead to conclusion that geographical revisions are required to be incorporated into the revenue record on regular basis. A web-based GIS model through leaflet technology and content management system has been developed to co-ordinate between the district authorities and villagers. The GIS model contained various digitized cadastral map, residential, agriculture details and other GIS scenarios related to Physical bodies and utilities of the village. This assists the government in decision making, disaster management and planning in rural areas of India.

Aydinoglu and Bilgin [75] developed the interoperable geographic data model for disaster management (ADYS), enabling upto-date exchange of geographic data, was designed, compliant with the standards of ISO/TC211 Geographic Information/Geomatics, Open Geospatial Consortium (OGC), and the Turkish National GIS (TUCBS). An open source and free

analysis toolbox was developed and tested in the case study of activities such as landslide hazard analysis and a disaster warning system to support the Provincial Disaster Management Centres of Turkey.

Becker and Konig [76] proposed an optimized visualization of utility infrastructure for emergency response procedures. They further introduced a conceptual approach on how to simplify, aggregate, and visualize multiple utility networks and their components to meet the requirements of the decision-making process and to support Situational Awareness.

D'Uffizi et al. [77] introduced a simulation study of logistics for disaster relief operations. They used discrete event simulation as decision support for planning different strategies of action to apply in emergency and risk situations. Several scenarios have been developed as simulation models combining different initial hypothesis with the aim to build a generalized and flexible procedure to apply in different scenarios. As a result, the simulation was able to allocate efficiently different resources under emergency situations (multiple scenarios for specific events). Tests and sensitivity analysis have been performed using instances related to a GIS of

navrhli GIS implementáciu, ktorá je schopná realizovať 3D vizualizáciu modelu budovy uloženého vo formáte CityGML a vykonať analýzu na sieťovom modeli uloženom v Oracle Spatial. Navrhované grafické rozhranie poskytlo aj simuláciu smerovania na vypočítaných najkratších trasách doplnenú hlasovými povelmi a vizuálnymi inštrukciami.

Brachman a Dragicevic [69] navrhli a implementovali sieťový núdzový evakuačný model (NetSEEM) s využitím priestorovo explicitných princípov vedy o sieťach. Vyvinutý model NetSEEM bol aplikovaný na štyri scenáre evakuácie v meste Burnaby, BC, Kanada. Výsledky preukázali očakávané modely preťaženia na hlavných dopravných križovatkách a zdôraznili vhodnosť nasadenia modelu NetSEEM ako prieskumného nástroja riadenia slúžiaceho na predvídanie a zmiernenie dopravných zápch počas kontextovo závislých núdzových evakuácií.

Gaikwad, Wanjari a Kale [70] popísali výzvy týkajúce sa integrácie webových služieb a geopriestorovej hĺbkovej analýzy údajov pre účely krízového riadenia. Systém krízového riadenia v prípade nehôd, ktorý zahŕňa GIS a hĺbkovú analýzu priestorových údajov, dokáže identifikovať náhodný bod a poskytnúť optimálne trasy na dosiahnutie požadovaného miesta. Webové služby môžu byť použité na zobrazenie smerovania trasy cesty, avšak tonepomôže potrebám ľudí, ktorí sa nemôžu dostať do zariadenia sami. Tiež navrhli systém SMS systém varovania pre vládne orgány, aby sa vedeli dostať na miesto evakuácie, ako aj znalostné pravidlá pre ďalšiu predikciu a analýzu nehôd prostredníctvom hĺbkovej analýzy údajov.

Grzeda, Mazzuchi, Sarkani [4] popísali použitie binomickej klastrovej analýzy v potenciálnych prípadoch identifikácie lokalít s potrebou odstraňovania trosiek a to na príkalde oripadovej štúdie situovanej do Hamilton County, Indiana.

Ma et al. [71] navrhli a otestovali crowdsourcingový kompatibilný systém riadenia informácií o mimoriadnych udalostiach založený na GIS, vrátane jeho obsahu, architektúry, technických problémov a smerovania budúceho vývoja.

the Italian Sicily region and a typical set of facilities and rescue team. The simulation system works considering the different typologies of vehicles and staff to choose the best solution available in that specific time.

Daniela et al. [79] published a study overlooking the Ghidici-Rast-Bistret-Nedeia-Jiu water basin, situated in south-field of Romania, over the Danube riverside, where flooding risks are determined by both high level of groundwater and Danube rate of water. Satellite images, taken during 2006-2014, at random moments, have been analyzed and integrated along with geological, geomorphologic, pedology, hydrological, infrastructure and land employment information, in vectorial special data formats. The purpose of this holistic rendering was to create a complex evaluation for the studied area, on flooding vulnerability. Using geographical information systems, to capture satellite images for this area, over eight consecutive years, pointed out the quantity and quality of investments needful in such risk water catchment areas. This modern solution, with good cost efficiency, outputs operative information on the spatial distribution of the flooded areas and provided data on the affected plantable acreage, after the 2006 flood. The regional geospatial maps acquired and interpreted in the study, resulted in risk and flood effects evaluation, along with solution and measures to minimize the natural disasters effects.

Haworth and Bruce [79] published a review of volunteered geographic information (VGI) for disaster management. They noted further research to be warranted in the pre-event phases of disaster management, where VGI may present an opportunity to connect and engage individuals in disaster preparation and strengthen community resilience to potential disaster events. Their investigation of VGI for disaster management provided broader insight into key challenges and impacts of VGI on geospatial data practices and the wider field of geographical science.

Hoskova-Mayerova [80] described geospatial data reliability and their use in crisis situations. Currently, computer equipment, geographic information systems (GIS), remote sensing, computer cartography, etc. in the hands of professionals, along with expert systems, can help much

Musacchio a Russo [72] poukázali na potrebu vyvinúť prístup k riešeniu problému krízového riadenia ako súčasti civilnej ochrany, ktorý musí byť úplne modernizovaný, otvorený novým technológiám a dostupným službám, tak aby odozva na mimoriadne udalosti mohla byť uskutočnená v reálnom čase a v prípade núdze mohli operátori skutočne komunikovať s vonkajším svetom a so sociálnymi médiami, riadiť komunikáciu novonok a záchranné práce s potrebnou autoritou.

Ahmadi, Seifi, Tootooni [73] navrhli multipový model smerovania trás jazdy vozidiel, a to s ohľadom na zlyhanie siete, viacnásobné použitie vozidiel a štandardný čas dojazdu na miesto určenia. Model určil lokality miestnych diep a určenie poslednej míle distribúcie po zemetrasení. Model bol rozšírený na dvojstupňový stochastický program s náhodným generovaním času trasy cesty na zistenie vhodného umiestnenia distribučných centier. Na vyriešenie deterministického modelu bol navrhnutý algoritmus premenného vyhľadávania v susedstve. Výsledky výpočtov preukázali, že zvýšenie úrovne plnenia požiadaviek dopytu je priamo závislé na zvýšení počtu lokálnych diep a vozidiel.

Arora et al. [74] publikovali komparatívnu analýzu medzi katastrálnou mapou, digitalizovanou mapou a GPS prieskumom na preukázanie rozdielu medzi skutočnými hranicami obce a jej stavom v tradičnom systéme evidencie príjmov v rámci prípadovej štúdie obce Rahimpur. To viedlo k záveru, že geografické revízie sa musia pravidelne zapracovávať do výkazu príjmov. Na koordináciu komunikácie medzi okresnými úradmi a obcami bol vyvinutý webový GIS model založený na leaflet technológii a systéme správy obsahu. Model GIS obsahoval rôzne digitalizované katastrálne mapy, údaje o obydliach a obyvateľoch, poľnohospodárskych objektoch a ďalšie GIS scenáre súvisiace s fyzickými osobami a verejnými službami obce. Tieto údaje napomáhajú vláde pri rozhodovaní, krízovom riadení a plánovaní vo vidieckych oblastiach Indie.

Aydinoglu a Bilgin [75] vyvinuli interoperabilný geografický dátový model pre krízové riadenie (ADYS), ktorý umožňuje aktuálnu výmenu geografických údajov, navrhnutý v súlade

faster, more reliable and more When employing spatial data and information in decision-making processes, complex knowledge of their values is the prerequisite for assessing the credibility and accuracy of decisions made. By implementing the methods of value analysis and mathematical modeling it is possible to create an assessment system of spatial data complex usability. By comparing costs necessary for different variants of enhancement or for adjustment of database quality it is possible to optimize both the total usability and the costs put in securing the required data quality.

Chang and Wu [3] developed a mobile application for debris flow disaster prevention. They applied it in the case of Kaohsiung City affected by numerous slope disasters as a consequence of Typhoon Morakot in December 31, 2009. With the combination of 10-min updating-frequency rainfall data from Central Weather Bureau (CWB) and the debris flow warning data from Soil and Water Conservation Bureau (SWCB), the system utilizes Arc GIS Runtime SDK for code writing.

The general public can receive instant information including mapping of potential debris flow torrents, locations of nearby evacuation shelters, climate conditions and debris flow alerts through this application system. Moreover, this application's positioning and navigation function can provide the users' paths to closest refuge in emergency.

Chen et al. [2] achieved the infectious disaster prediction goal through establishing cloud computing, information, and planning abilities. The collection of big data in the hospital network was done through an IoT federation that can exchange patient documents and trace events based on smart items and Internet information. The federation architecture was fault tolerant, highly secure, flexible, and expandable. It had a low entry effort, and was designed for large scale analytics with quick response. Their solution was reckoned upon a rapid rebinding methodology that has provided insight into the problem of global pandemic visibility.

Takahagi et al. [81] proposed the Disaster Information Transmission Common Infrastructure System (DITCIS) intended to rapid sharing of information in a time of mega disaster. This Disaster Information Transmission

s normami ISO / TC211 Geografické informácie / Geomatics, Open Geospatial Consortium (OGC) , a tureckého národného GIS (TUCBS). Vyvinuli voľne dostupný OpenSource súbor nástrojov pre analýzu, ktorý testovali na príklade prípadovej štúdie o činnostiach, ako je analýza nebezpečenstva zosuvu pôdy a systém varovania pred výskytom mimoriadnych udalostí, ktorý slúži ako podpora regionálnych centier krízového riadenia v Turecku.

Becker a König [76] navrhli optimalizovanú vizualizáciu verejnoprospešnej infraštruktúry pre postupy odozvy na mimoriadne situácie. Ďalej zaviedli koncepčný prístup k tomu, ako zjednodušiť, zhromaždiť a vizualizovať viac verejných sietí a ich komponentov tak, aby spĺňali požiadavky rozhodovacieho procesu a podporovali situačnú informovanosť.

D'Uffizi et al. [77] uviedla simulačnú štúdiu zaoberajúcu sa logistikou pri výkone záchranných prác. Použili simuláciu diskretných udalostí ako podporu rozhodovania pri plánovaní rôznych stratégií činností, ktoré sa aplikujú v mimoriadnych a rizikových situáciách. Niekoľko scenárov bolo vyvinutých vo forme simulačných modelov, kombinujúcich rôzne východiskové hypotézy s cieľom vytvoriť všeobecný a flexibilný postup, ktorý by bol uplatniteľný v rôznych scenároch. V dôsledku toho bola simulácia schopná efektívne pridelovať rôzne zdroje počas mimoriadnych situácií situáciách (viac scenárov pre konkrétne udalosti). Testy a analýza citlivosti boli vykonané v GIS, s použitím relevantných príkladov z talianskeho regiónu Sicília a súboru bežne používaných zariadení a nasadzovaných záchranných tímov. Systém simulácie pracuje s ohľadom na rôzne typy vozidiel a pracovníkov za účelom výberu najlepšieho riešenia dostupného v danom čase.

Daniela et al. [78] zverejnila štúdiu zameranú na vodnú nádrž Ghidici-Rast-Bistret-Nedeia-Jiu, ktorá sa nachádza na juhu Rumunska, situovanú v blízkosti rieky Dunaj, kde sú riziká povodní spôsobené vysokou hladinou podzemných vôd a vodou z Dunaja. V štúdiu analyzovali satelitné snímky získané v rokoch 2006 - 2014 a integrovali ich s geologickými, geomorfologickými, pedologickými, hydrologickými, infraštruktúrnymi údajmi a údajmi o využití krajiny. Všetky tieto údaje boli spracovávané vo



Common Infrastructure System consisted of the Relief Supplies Distribution Management System, the IC Card Authorization Safety Confirmation System, the Web-GIS Disaster Management System, the Disaster Information Registration System, the Disaster Information Sharing System, and the Disaster Information In detail, they introduced the Disaster Information Registration System, the Disaster Information Sharing System, and the Disaster Information Transmission Platform. The Disaster Information Registration System enables to register disaster information provided by the related institutions. And, the Disaster Information Sharing System enables to share exact disaster information in the disaster countermeasure headquarters. Moreover, the Disaster Information Transmission Platform enables to automatic upload or automatic delivery disaster information to various communication tool.

Tomaszewski et al. [82] provided an overview of the current state-of-the-art in GIS for disaster response and demonstrated progress in the data and people aspects of GIS for disaster response since previous literature reviews. The review was structured to serve as a metaphorical bridge between two reader groups - disaster management practitioners interested in understanding developing trends in GIS for disaster response and academic researchers with minimal to no understanding of GIS and/or mapping concepts within the disaster response context. With this readership in mind, they outlined definitions of GIS, disaster response and the need for GIS in disaster response, review interdisciplinary literature from a variety of spatially-oriented disaster management fields and demonstrate progress in various aspects of GIS for disaster response. The review concluded with a GIS for disaster response research agenda and provides a list of resources for researchers new to GIS and spatial perspectives for disaster management research.

Yagoub [83] showcased various studies that had been conducted on Volunteered Geographic Information (VGI) debating various aspects such as accuracy, legal issues, and privacy. This research also integrated Geographic Information System (GIS), VGI, social media tools, data mining, and mobile technology to design a conceptual framework for promoting public participation in UAE. The data gathered

forme vektorových reprezentácií. Cieľom tohto holistickej interpretácie údajov bolo vytvoriť komplexné analýzu študovanej oblasti z pohľadu zraniteľnosti voči povodňam. Pomocou geografických informačných systémov boli spracované satelitné snímky zachytávajúce toto územie počas obdobia osem po sebe nasledujúcich rokov. Výsledky analýzy poukázali na výšku a kvalitu investícií potrebných na realizáciu protipovodňových opatrení v takýchto rizikových povodiach. Toto moderné riešenie, efektívne z pohľadu nákladovosti, prinieslo operatívne informácie o priestorovom rozložení zaplavených oblastí a poskytlo údaje o postihnutom území po roku 2006. Regionálne geopriestorové mapy získané a interpretované v štúdiu vyústili do hodnotenia rizík a dopadov povodní, a hodnotenia konkrétnych riešení a opatrení slúžiacich na minimalizáciu dopadov živelných pohrôm.

Haworth a Bruce [79] publikovali prehľad dobrovoľne vytvorených a ponúkaných geografických informácií (VGI) pre účely krízového riadenia. Upozornili na smerovanie ďalšieho výskumu, ktorého výsledky by mali byť aplikované vo fázach predchádzania výskytu mimoriadnych udalostí, v ktorých môže VGI predstavovať príležitosť spojiť a zapojiť jednotlivcov do prípravy na riešenie mimoriadnych udalostí a posilniť odolnosť komún pred potenciálnymi katastrofami. Ich skúmanie jednotlivých VGI určených pre krízové riadenie poskytlo širší pohľad na kľúčové problémy a vplyvy VGI na prax s geopriestorovými údajmi a širšiu oblasť zemepisných vied.

Hoskova-Mayerova [80] popísala spoľahlivosť geografických údajov a ich použitie v krízových situáciách. V súčasnosti môžu počítače, GIS, diaľkový prieskum Zeme, počítačom podporovaná kartografia atď., v rukách profesionálov, spolu s expertnými systémami, pomôcť oveľa rýchlejšie, spoľahlivejšie a účinnejšie riadiť a koordinovať proces krízového riadenia. Pri využívaní priestorových údajov a informácií v rozhodovacích procesoch, je nevyhnutným predpokladom komplexné poznanie ich hodnôt a hodnotenie dôveryhodnosti a presnosti prijatých rozhodnutí. Zavedením metód analýzy hodnôt a matematického modelovania je možné vytvoriť systém hodnotenia komplexnej použiteľnosti priestorových údajov. Porovnaním



through survey were helpful in correlating various aspects of VGI. Since there were diverse views about these aspects, policy makers were left undecided in many countries about how to deal with VGI. The assessment of the UAE case contributed to the age-long debate by examining the willingness of the public to participate. The results showed the public perception to be as sensors for data collection. Additionally, the potential of citizen involvement in the risk and disaster management process by providing voluntary data collected for VGI applications was also explored.

Yamamoto [84] tried to classify disaster risk management for natural disasters into three stages-normal times, disaster outbreak times, and times of recovery and reconstruction-to introduce the results of development and operation of social media GIS during each of these three stages. The social media GIS targeted residents who were more than 18 years old in the Tama region of Tokyo metropolis and the neighboring area in Japan for two months. Subsequently, the systems were evaluated based on the results of an online questionnaire survey to users, access surveys using log data during operation of the systems, and an analysis of the submitted information. Based on the results of the evaluation, measures for improvement of the development and operation of social media GIS can be summarized into three areas regarding (a) participation of various users and partnership with local communities, (b) usability, and (c) long-term actual operation.

Yasumiishi, Renschler and Bittner [85] focused on the application of cell phone usage data to disaster response management. Cell phones work as a communication link between emergency responders and victims during and after a major disaster. Their study recognized that there are two kinds of disasters, one with a warning, and one without a warning. Different movement distance between a day with a blizzard (advanced warning) and a normal weather day was identified. In the scenario of a day with an extreme event without advanced warning (earthquake), factors that alter the phone users' movements were analyzed. Lastly, combining both cases, a conceptual model of human movement factors was proposed. Human movements consist of four factors that are push factors, movement-altering factors, derived attributes and

nákladov potrebných pre rôzne varianty optimalizácie alebo úpravou kvality databázy je možné optimalizovať celkovú použiteľnosť a náklady na zabezpečenie požadovanej kvality dát.

Chang a Wu [3] vyvinuli mobilnú aplikáciu na prevenciu mimoriadnych udalostí spojených s bahnotkami. Aplikovali ju v prípade Kaohsiung City, ktoré bolo postihnuté zosuvmi pôdy v dôsledku tajfúnu Morakota, dňa 31. decembra 2009. Vďaka kombinácii údajov z Centrálného meteorologického úradu (CWB) o frekvencii zrážok získavaných z v 10 minútových intervaloch a výstrah týkajúcich sa bahnotokov, vydávaných Úradom pre ochranu pôdy a vody (SWCB), systém využívajúci Arc GIS Runtime SDK na písanie kódu. Prostredníctvom tejto aplikácie môže verejnosť získať aktuálne informácie týkajúce sa mapovania potenciálnych miest výskytu bahnotokov, polohy evakuačných prístreškov v blízkosti týchto ohrozených miest, klimatických podmienok a výstrah týkajúcich sa bahnotokov. Vďaka funkcii určovania polohy a navigácie, ktorá je zahrnutá v tejto aplikácii, ju možno použiť aj na hľadanie najkratšej trasy k úkrytu.

Chen et al. [2] dosiahli cieľ predpovedania výskytu infekčných ochorení veľkého rozmeru prostredníctvom realizácie výpočtov v cloude, zlepšenia informovanosti a možností plánovania. Zhromažďovanie objemných údajov v nemocničnej sieti bolo vykonané prostredníctvom IoT federácie, ktorá dokáže vymieňať dokumenty pacientov a sledovať udalosti založené na počítačovom spracovaní položiek a internetových informáciách. Architektúra systému federácie bola tolerantná voči chybám, bola vysoko bezpečná, flexibilná a rozšíriteľná. Ich riešenie bolo založené na rýchlej reblinkovej metodológii, ktorá poskytla prehľad o probléme viditeľnosti globálnej pandémie.

Takahagi et al. [81] navrhli spoločný systém infraštruktúry na prenos informácií o katastrofách (DITCIS), ktorého cieľom je rýchle zdieľanie informácií v čase mega katastrofy. Tento systém spoločnej infraštruktúry na prenos informácií o katastrofách pozostával z systému riadenia distribúcie dodávok pre zabezpečenie záchranných prác, systému potvrdzovania bezpečnosti autorizácie IC karty, systému riadenia katastrof v sieti web-GIS, registračného systému

constraint factors. Considering each category of factors in case of emergency, it should be necessary that we prepare different kinds of emergency response plans depending on the characteristics of a disaster.

Abdalla [86] provided multidisciplinary scope to the utilization of geospatial data frameworks for urban disaster management with accentuation on emergencies. The emergency management presented in his review was universally known and represented high risk for different parts of the world. The goal of his study was to give conceptual coverage to appropriate solutions for emergency preparedness and response, using spatial analysis and GIS. He emphasized that among different issues that may confront the use of spatial analysis, is the accuracy of data and time of processing, in addition to collective coordination of stakeholders working in the field. The findings of his research conclude that a challenge to possible risk reduction is furnishing disaster managers with access to information and methodologies that may help them in analyzing, evaluating and mapping hazard models.

Jefferson and Johannes [87] explored a new approach for emergency managers to harness the capability of scientific modeling systems when responding to disasters. In disaster response, emergency managers need sound situational awareness to support critical decision-making. Obtaining situation awareness is difficult because of the gap that exists between the information that emergency managers have and the information that emergency managers need. However, comprehensive situational awareness is necessary to form accurate estimates of physical impacts and response requirements. They recommended the GIS applications to be used to narrow the gap between known information and required information. They developed a methodology for obtaining a common operating picture based on Hazus (Hazards U.S.), a GIS-based application that performs loss and risk assessments on multiple types of hazards. Hazus combines both scientific and engineering knowledge to model a disaster event.

Netek and Panek [88] introduced the See-Think-Do, a framework originally used as an approach focused on a service and product

informácií o katastrofách, systému zdieľania informácií o katastrofách a platformy na prenos informácií o katastrofách. Rovnako predstavili systém registrácie informácií o katastrofách, systém zdieľania informácií o katastrofách a platformu na prenos informácií o katastrofách. Systém registrácie informácií o katastrofách umožňuje registrovať informácie o katastrofách poskytované príslušnými inštitúciami. Systém zdieľania informácií o katastrofách umožňuje zdieľať informácie o katastrofách v centrále organizácie zaoberajúcej sa plánovaním protipatrení voči katastrofám. Okrem toho, platforma pre prenos informácií o katastrofách umožňuje automatické nahrávanie alebo automatické poskytovanie informácií o katastrofách s využitím rôznych komunikačných nástrojov. Tomaszewski et al. [82] poskytli prehľad súčasného stavu v oblasti GIS používaných na účely odozvy na mimoriadne udalosti a na základe výsledkov štúdia literatúry poukázali na pokrok z pohľadu údajov a ľudí a ich vedomostí o možnostiach aplikácie GIS v odozve na mimoriadnu udalosť pre reakciu na katastrofy. Rešerš literatúry bola štruktúrovaná tak, aby slúžila ako metaforický most medzi dvoma skupinami čitateľov - odborníkmi v oblasti krízového riadenia, ktorí majú záujem o pochopenie vývojových trendov v oblasti aplikácie GIS v odozve na mimoriadnu udalosť a akademickými a výskumnými pracovníkmi s minimálnym až žiadnym chápaním GIS a / alebo konceptov mapovania v kontexte odozvy na mimoriadnu udalosť. S ohľadom na čitateľa načrtli definície GIS, definíciu odozvy na mimoriadne udalosti a uviedli potrebu aplikácie GIS v odozve na mimoriadne udalosti, preštudovali interdisciplinárnu literatúru z rôznych priestorovo orientovaných oblastí krízového riadenia a preukázali pokrok v rôznych aspektoch GIS a jeho aplikácie v odozve na mimoriadnu udalosť. Na záver odporučili zamerať sa viac na výskum možností aplikácie GIS v krízovom riadení, nakoľko tento poskytuje širokú paletu zdrojov pre nových výskumníkov v problematike GIS a viacero priestorových perspektív pre ďalší výskum v oblasti krízového riadenia.

Yagoub [83] prezentoval viaceré štúdie, ktoré sa uskutočnili na dobrovoľnej báze vytvorených a ponúkaných geografických informáciách (VGI) a diskutovali o rôznych aspektoch,

marketing on the Internet. Customers can be classified into three groups according to their involvement from potential users to real customers. They presented an idea of public involvement in community mapping in three levels: "See"-almost any user; "Think"-potential contributors; and "Do"-interested users. They also introduced a case study implementing the See-Think-Do framework as an awareness-based approach used for The Crisis Map of the Czech Republic. It is an Ushahidi-based crowdsourcing platform for sharing spatial and multimedia information during crisis situations, e.g. disaster floods in 2013. While the current crisis projects use public mapping just at the onset of the disaster, according to See-Think-Do any user can be considered as a potential contributor even during the dormant period. The focus is put on the "See" and "Think" groups of contributors, which are currently ignored.

Netek [89] presented the design and deployment of Crismapp, an application assisting in the elimination of loss of life and property, developed to support of decision-making processes of the rescue services. It was designed for strategic, tactical and operational management, available in three levels: visualization, enhanced editing mode and full administration. Technologically it was based on the WebGIS 2.0 principle, defined as the combination of WebGIS with Web 2.0 approaches. It supported a wide range of Web standards and a hybrid approach (GeoJSON). It was built under HTML5, mapping functionality was supported by Leaflet library. Besides basic map functionality it handled with a number of advanced features, especially edit mode for editing both spatial and attribute geographic data in real-time directly via the web browser, connection to cloud storage GitHub/Gist for versioning, complex administration, four predefined default scenarios on various contexts (default, fire, flood, Vrbetice blasts) as a real-life concept of adaptive cartography. The application was filled with real data for real purposes, it allowed centralized update and manage data in real-time by rescue services. Currently, it is under the pilot phase of testing by the Fire Department of the Olomouc region.

Petrovski, Naumova and Geobalcanica [90] proposed a model that will not allow drop links. Each smart phone will have application in the

ako sú presnosť, právne otázky a ochrana súkromia. Tento výskum zahŕňal aj GIS, VGI, nástroje sociálnych médií, hĺbkovú analýzu údajov a mobilné technológie na vytvorenie koncepčného rámca na podporu účasti verejnosti v Spojených Arabských Emirátoch (SAE). Údaje získané prieskumom pomohli pri korelácii rôznych aspektov VGI. Vzhľadom na rozdielne názory na tieto aspekty sa politickí tvorcovia v mnohých krajinách nedohodli, ako s VGI zaobchádzať. Posúdenie prípadu SAE prispelo k dlhodobej diskusii a prieskumu ochoty verejnosti zúčastňovať sa na dobrovoľnom zbere údajov. Výsledky preukázali záujem verejnosti zúčastňovať sa na zbere údajov. Okrem toho sa skúmal aj potenciál zapojenia občanov do procesu riadenia rizík a katastrof prostredníctvom poskytovania dobrovoľných údajov zhromaždených pre aplikácie VGI.

Yamamoto [84] sa pokúsil klasifikovať manažment rizík mimoriadnych udalostí v prípade živelných pohrôm do troch fáz – čas pokoja, vznik mimoriadnej udalosti a čas obnovy a rekonštrukcie – a tiež implementovať výsledky vývoja a prevádzky GIS ako aj sociálnych médií do každej z týchto troch fáz. Dvojmesačné testovanie využitia integrácie GIS a sociálnych médií aplikovali na obyvateľov starších ako 18, žijúcich v Japonsku, v oblasti Tokama v Tokijskej metropole a susednej oblasti. Testované systémy boli vyhodnotené na základe výsledkov online realizovaného dotazníkového prieskumu, prieskumu zameraného na prihlasovanie sa účastníkov testovania do systému vychádzajúc z údajov operačného denníka systému a analýzy účastníkmi/užívateľmi systému nahratých informácií. Na základe výsledkov hodnotenia bolo možné zhrnúť opatrenia na zlepšenie rozvoja a prevádzky GIS a sociálnych médií do troch oblastí týkajúcich sa: a) účasti rôznych používateľov a partnerstva s miestnymi komunitami, b) ich využiteľnosti a c) dlhodobej prevádzky.

Yasumiishi, Renschler a Bittner [85] sa zamerali na aplikáciu údajov o využití mobilných telefónov na riadenie odozvy na mimoriadne udalosti. Mobilné telefóny fungujú ako komunikačné spojenie medzi osobami reagujúcimi na núdzové situácie a obeťami počas a po veľkej mimoriadnej udalosti/katastrofe. V ich štúdiu uviedli, že existujú dva druhy mimoriadnych



event of natural disaster and it switched due to the change of the vital function of man in trouble. This will help departments respond as soon as they can and save lives as many as they can and to reduce the percentage of people who could not call for help. They highlighted the design challenges and required technical innovations towards the goal of making GIS much more useful.

Radulescu et al. [91] proposed a model of how to involve the information system for management of emergencies, i.e. Emergency Management Information System (EMIS), an information system built on GIS databases, adapted to the conditions, possibilities and realities of current Romania.

Raj, Thapa and Balakrishnan [92] presented a technology for three real time applications of prime importance such as post disaster infrastructure-damage assessment using GPS, estimation of building strength and building movement. GPS sensor nodes installed on building roof-top, provided with relative position information from both pre-and post-earthquake periods and were superimposed on GIS. The changes were used for damage estimation, building movement scale, and parameters such as stress, strain, when applied to ARX and RARX helped to calculate damage precisely.

Xu et al. [93] introduced a participatory sensing-based model for mining spatial information of urban emergency events. Firstly, basic definitions of the proposed method were given. Secondly, positive samples were selected to mine the spatial information of urban emergency events. Thirdly, location and GIS information were extracted from positive samples. At last, the real spatial information was determined based on address and GIS information. Moreover, their study explored data mining, statistical analysis, and semantic analysis methods to obtain valuable information on public opinion and requirements based on Chinese microblog data. Typhoon Chan-hom was used as an example. Semantic analysis on microblog data was conducted and high-frequency keywords in different provinces were extracted for different stages of the event. With the geo-tagged and time-tagged data, the collected microblog data could be classified into different categories.

udalostí, jedna s upozornením a jedna bez predchádzajúceho upozornenia. Taktiež identifikovali odlišné vzdialenosti pohybu užívateľov mobilných telefónov pri dni s námrazou (pokročilé varovanie) a dni s normálnym počasím. V prípade scenára dňa s výskytom mimoriadnej udalosti bez pokročilého varovania (zemetrasenie) boli analyzované faktory, ktoré menia pohyby užívateľov telefónu. Napokon, v kombinácii oboch prípadov bol navrhnutý koncepčný model faktorov hýbania sa ľudí. Pohyb ľudí pozostáva zo štyroch faktorov, ktorými sú faktory posunu, faktory zmeny pohybu, odvodené atribúty a obmedzujúce faktory. Odporučili tiež, vzhľadom na každú kategóriu faktorov v prípade výskytu mimoriadnej udalosti pripraviť rôzne druhy plánov krízovej odozvy, v závislosti od charakteristík danej mimoriadnej udalosti.

Abdalla [86] poskytol multidisciplinárny pohľad na využitie geografických údajov pre účely krízového riadenia v mestách s dôrazom na mimoriadne udalosti. Riadenie mimoriadnych situácií, ktoré prezentoval vo svojej práci, je považované za všeobecne známe a predstavuje vysoké riziko pre rôzne časti sveta. Cieľom jeho štúdie bolo poskytnúť koncepčné zastrešenie pre riešenia aplikovateľné v oblasti pripravenosti na riešenie krízových situácií a to pomocou priestorovej analýzy a GIS. Zdôraznil, že medzi rôznymi problémami, ktoré sa spájajú s využívaním priestorovej analýzy, je aj presnosť údajov a času spracovania, okrem kolektívnej koordinácie zainteresovaných strán pôsobiach v tejto oblasti. Z výsledkov jeho výskumu vyplynulo, že problémom možného zníženia rizika je poskytnutie prístupu k informáciám a metodikám krízovým manažérom, ktoré im môžu pomôcť pri analýze, hodnotení a mapovaní modelov ohrozenia.

Jefferson a Johannes [87] skúmali nový prístup krízových manažérov, vhodný na to, aby využili schopnosť systémov vedeckého modelovania pri odozve na mimoriadne udalosti. Pri odozve na mimoriadne udalosti potrebujú krízový manažéri dostatočnú situačnú informovanosť na podporu kritického rozhodovania. Získanie schopnosti uvedomenia si situácie je ťažké, pretože existuje medzera medzi informáciami, ktoré krízový manažéri majú k dispozícii, a informáciami, ktoré reálne potrebujú. Pre



Correspondingly, public opinion and requirements could be obtained from the spatial and temporal perspectives to enhance situation awareness and help the government offer more effective assistance.

Zhong et al. [94] developed a data analysis model by analyzing the large amount of data generated and collected from the previous earthquakes. Then, based on the model, they integrated all the necessary data and potential earthquakes estimations that are likely to strike Tokyo area in the near future, to calculate the mobile service area with probabilistic availability. Moreover, they could also predict the spatial and temporal changes of the service availability areas by building them into the geographic information system (GIS). They developed model and simulation platform is helpful for many decision-making bodies such as governments or network operators to assess the vulnerability of communication infrastructures and make better preparedness and fast response for large-scale disasters.

Luchetti et al. [95] explored the use of social networks for the management of disasters connected to meteorological/hydrogeological events or earthquakes, but without emphasis on the importance of an integrated system. The main feature of the Whistland system proposed by them is to make synergistic use of augmented reality (AR), crowd-mapping (CM), social networks, the Internet of Things (IoT) and wireless sensor networks (WSN) by exploiting technologies and frameworks of Web 2.0 and GIS 2.0 to make informed decisions about the chain of events. The system had been tested in the programmed maintenance of river basins, where it is necessary to log maintenance activities in order to keep the riverbank clean.

In Slovak Republic, there were also developed several tools and methodologies involving GIS to the particular crisis/disaster management phases.

Vlček [96] introduced the CIPREGIS project that was developed and approved in 2000. The system is controlled and coordinated by the Section of Crisis Management of the Ministry of Interior of the Slovak Republic. The aim of the project was to build and operate an integrated geographic information system that supports

vytvorenie presných odhadov fyzických vplyvov a požiadaviek na odozvu je však potrebné komplexné situačné povedomie. Autori vo svojej práci odporúčili, aby sa aplikácie GIS používali na obmedzenie medzery medzi známymi informáciami a požadovanými informáciami. Vyvinuli metodológiu na získanie spoločného prevádzkového obrazu založeného na Hazus (Hazards U.S.), aplikácii založenej na GIS, ktorá vykonáva hodnotenie strát a rizík na viacerých typoch hrozieb. Hazus kombinuje vedecké aj inžinierske poznatky a modeluje katastrofické udalosti.

Netek a Panek [88] predstavili systém See-Think-Do, ktorý bol pôvodne používaný ako prístup zameraný na marketing služieb a produktov na internete. Zákazníci môžu byť zaradení do troch skupín podľa ich zapojenia od potenciálnych používateľov až po reálnych zákazníkov. Autori predstavili predstavu o zapojení verejnosti do komunitného mapovania na troch úrovniach: "Pozri" - takmer každý užívateľ; "Mysli" - potenciálny prispievateľ; a "Urob" užívatelia so záujmom. Uviedli tiež prípadovú štúdiu implementujúcu rámec See-Think-Do ako prístup založený na informovanosti, ktorý sa používa aj v krízovej mape Českej republiky. Je to platforma založená na Ushahidi založenej platforme crowdsourcingu pre zdieľanie priestorových a multimediálnych informácií počas krízových situácií, napr. katastrofálne povodne v roku 2013. Zatiaľ čo súčasné krízové projekty využívajú verejné mapovanie práve na začiatku, po vzniku mimoriadnej udalosti, podľa See-Think-Do môže byť každý užívateľ považovaný za potenciálneho prispievateľa aj počas obdobia pokoja. Dôraz sa kladie najmä na skupiny prispievateľov "Pozri" a "Mysli", ktoré sú v súčasnosti ignorované.

Netek [89] predstavil návrh a samotné nasadenie aplikácie Crismapp, ktorá pomáha pri znižovaní strát na životoch a majetku. Táto bola vyvinutá na podporu rozhodovacích procesov záchranných služieb. Bol vytvorený pre strategické, taktické a operačné riadenie, A JE dostupná v troch úrovniach: vizualizácia, zdokonalený režim úprav a plná správa. Technologicky bola založená na princípe WebGIS 2.0 definovanom ako kombinácia WebGIS s prístupmi Web 2.0. Podporuje širokú škálu webových štandardov a hybridného prístupu (GeoJSON). Bolo vyvinutá na báze HTML5,

decision making in crisis management and integrated rescue system. It should be linked, compatible respectively, with the central subsystem at regional and local level and at international level. The established system provides a visual analysis of the implementation of interventions in the space and allows access for all management levels to substantial and necessary information.

Blišťanová et al. [97] published an article pointing out the importance of preparing and verification of input data for logistic modeling of flood crisis management in GIS systems. Appropriate data is essential for crisis management operations. GIS systems offer a wide range of possibilities for further data analysis, the results of which can be used for decision-making process. The purpose of these systems was to offer wide range of possibilities, starting from complex base of digital data available online whenever anytime in the field, through ordinary and also specific spatial analyses, to the composing of specific outputs required by particular units of the Integrated Rescue System.

Majlingová [98] published methodology and results of fire risk assessment for the area of Slovenska Lupca forest management unit, situated in the center of Slovak republic. The fire risk was expressed in terms of one of the risk components - the susceptibility to fire. To assess it, there were performed multicriterial analysis, taking into consideration two basic groups of factors – natural and social. The analysis of fire risk, susceptibility to fire respectively, was automated via its processing in decision making model built in NetWeaver environment. Linking the NetWeaver environment with Ecosystem management decision support system (EMDS), there was obtained the spatial visualisation of assessment results.

Majlingová, Buzalka and Galla [99] elaborated, in detail, the procedures leading to the assessment of individual components of risk in relation to the occurrence of fires and floods in natural and urban environment. The experimental area was Banská Bystrica district. For this area an assessment of the susceptibility to fire in a forest area and vulnerability assessment to the fire based on an example of a regressive forest fire that took place in the cadastral area of Stare Hory village in 2011, were carried out. In

funkcie mapovania boli podporované knižnicou Leaflet. Okrem základných funkcií mapy sa ponúka celý rad pokročilých funkcií, najmä režim úprav pre úpravu priestorových a atribútových geografických údajov v reálnom čase, priamo cez webový prehliadač, pripojenie ku cloudovému úložisku GitHub / Gist pre verziu, komplexnú správu, štyri vopred definované predvolené nastavenia scenáre v rôznych kontextoch (štandardné, požiarne, povodňové, Vrbetické výbuchy) ako skutočný koncept adaptívnej kartografie. Aplikácia bola naplnená reálnymi údajmi na skutočné účely, umožnila centralizovanú aktualizáciu a správu údajov v reálnom čase záchrannými službami. V súčasnosti sa nachádza v pilotnej fáze testovania vybraných hasičskej stanice v Olomouckom kraji.

Petrovski, Naumova a Geobalcanica [90] navrhli model, ktorý zmožní padnutie telefónnych liniek. Každý smart telefón bude mať aplikáciu pre prípad výskytu živelnnej pohromy, ktorá sa aktivuje v dôsledku zmeny vitálnej funkcie človeka v tiesni. To pomôže záchranným službám reagovať čo najskôr a zachrániť životy čo najviac ľudí, a znížiť počet tých ľudí, ktorí nemohli požiadať o pomoc. Zdôraznili problematiku miesta v oblasti návrhu riešenia a upozornili tiež na potrebu technických inovácií, s cieľom budovania efektívnejších GIS.

Radulescu et al. [91] navrhli model zapojenia informačného systému do krízového riadenia. Išlo o Informačný systém krízového riadenia (EMIS), ktorý je založený na databázach GIS a je prispôbený podmienkam, možnostiam a realite súčasného Rumunska.

Raj, Thapa a Balakrishnan [92] predstavili technológiu pre tri aplikácie v reálnom čase, ktoré majú prvoradý význam, ako napríklad posúdenie škôd po mimoriadnej udalosti v oblasti infraštruktúry pomocou GPS, odhad pevnosti a pohyb budov. Na strechách budov inštalovali jednotlivé uzly GPS senzorov GPS, ktoré boli vybavené relatívnou informáciou o polohe z obdobia pred a po zemetrasení a boli implementované do GIS. Identifikované zmeny boli použité na odhad škôd, stanovenie stupnice pohybu budovy a odhad parametrov ako zaťaženie, namáhanie, ktoré po vložení do ARX a RARX, napomohli presnejšiemu výpočtu poškodenia.

Xu et al. [93] zaviedli participatívny model založený na hĺbkovej analýze priestorových in-

terms of flooding, there an assessment of the risks associated with the district susceptibility to floods and the impact of floods in the city of Banská Bystrica was carried out. Results of analyses represent very valuable input for decision support of crisis managers not only at local level but also regional and national.

Majlingova and Hilbert [100] described the fundamental aspects of viewing GIS as well as opportunities for their wider application in crisis management in the Slovak Republic, particularly in the process of risk analysis, identification of causation with respect to the occurrence of potential domino effects, but also as a tool for the spatial decision support in the management of rescue works in real time.

Tajfún Chan-hom bol použitý ako príklad. Bola vykonaná sémantická analýza mikrobloginých údajov a extrahované boli vysokofrekvenčné kľúčové slová používané v rôznych provinciách pre rôzne fázy udalosti. Pomocou údajov označených geografickou značkou a časových značiek by bolo zhromaždené údaje mikrobloginých možné rozdeliť do rôznych kategórií. Týmto spôsobom je možné získať informácie o verejnej mienke a požiadavkách vychádzajúcich z priestorových a časových perspektív, za účelom zvýšenia informovanosť o situácii a podpore vlády pre poskytnutie účinnejšej pomoci.

Zhong et al. [94] vyvinuli model analýzy údajov založený na analýze veľkého množstva údajov, ktoré boli vytvorené a získané počas predchádzajúcich zemetrasení. Potom na základe modelu integrovali všetky potrebné údaje a potenciálne odhady zemetrasení, ktoré pravdepodobne v blízkej budúcnosti zasiahnu územie Tokia, aby vypočítali pravdepodobnú oblasť dostupnosti mobilných služieb. Okrem toho, vďaka zabudovaniu týchto údajov do prostredia GIS, môžu predpovedať priestorové a časové zmeny týkajúce sa oblasti dostupnosti služieb. Ich rozvinutá modelová a simulačná platforma je užitočná pre mnoho orgánov s rozhodovacími právomocami, ako sú vlády alebo prevádzkovatelia sietí, aby posúdili zraniteľnosť komunikačných infraštruktúr a zlepšili pripravenosť a rýchlu odozvu na veľké katastrofy.

Luchetti et al. [95] skúmali využívanie sociálnych sietí na riadenie katastrof súvisiacich s meteorologickými / hydrogeologickými udalosťami alebo zemetraseniami, ale bez dôrazu kladeného na význam integrovaného systému.

formácií o mimoriadnych udalostiach v mestskom prostredí. Ako prvé boli uvedené základné definície navrhovanej metódy. Následne boli vybrané pozitívne vzorky, aby sa vyhodnotili priestorové informácie mimoriadnych udalostiach v mestskom prostredí. Potom boli z týchto pozitívnych vzoriek získané informácie o polohe a doplnené o GIS údaje. Napokon boli odvodené reálne priestorové informácie na základe informácií o adresách a GIS údajov. Okrem toho sa autori zaoberali aj skúmaním metód na hĺbkovú analýzu údajov, štatistické analýzy a sémantické analýzy, s cieľom získať cenné informácie o verejnej mienke a požiadavkách založených na údajoch čínskych mikrobloginých.

Hlavným rysom systému Whistland, ktorý navrhujú, je synergické využívanie techník a technológií rozšírenej reality (AR), mapovania davom (crowd mapping), sociálnych sietí, Internet of Things (IoT) a bezdrôtových senzorových sietí (WSN), a rámcov Web 2.0 a GIS 2.0, aby mohli prijímať rozhodnutia vo vzťahu k reťazcu udalostí. Systém bol testovaný na príklade naplánovanej údržby povodí riek, kde je potrebné zaznamenávať činnosti spojené s udržiavaním čistých brehov riek.

Vlček [96] predstavil projekt CIPREGIS, ktorý bol vypracovaný a schválený v roku 2000. Systém je riadený a koordinovaný Sekciou krízového riadenia Ministerstva vnútra Slovenskej republiky. Cieľom projektu bolo vybudovať a prevádzkovať integrovaný geografický informačný systém, ktorý podporuje rozhodovanie v procese krízového riadenia a integrovaný záchranný systém. Je prepojený s centrálnym subsystémom na regionálnej a miestnej úrovni a na medzinárodnej úrovni. Zavedený systém poskytuje vizuálnu analýzu implementácie zásahovovej činnosti v priestore a umožňuje prístup ku dôležitým a potrebným informáciám všetkým úrovňam riadenia. Tento projekt je komplexný systém pre vizualizáciu, analýzu a modelovanie interných a externých dátových štruktúr v geografickom priestore.

Blišťanová et al. [97] publikovali príspevok, v ktorom poukazujú na dôležitosť prípravy a overovania vstupných údajov pre logistické modelovanie manažmentu povodňových kríz v systémoch GIS. Pre operácie krízového riadenia sú nevyhnutné vhodné údaje. Systémy GIS ponúkajú širokú škálu možností pre ďalšiu

analýzu údajov, ktorých výsledky je možné použiť pri rozhodovaní. Účelom týchto systémov bolo ponúknuť širokú škálu možností, počnúc zložitou základňou digitálnych údajov dostupných on-line kedykoľvek v teréne prostredníctvom bežných a tiež špecifických priestorových analýz až po zostavovanie špecifických výstupov požadovaných jednotlivými zložkami integrovaného záchranného systému.

Majlingová [98] publikovala metodiku a výsledky posúdenia rizika vzniku požiaru pre oblasť lesného hospodárskeho celku Slovenská Ľupča, ktorý sa nachádza v centrálnej časti Slovenskej republiky. Riziko požiaru bolo vyjadrené ako jeden z komponentov rizika - náchylnosť územia na výskyt požiaru. Na účely posúdenia rizika bola vykonaná multikriteriálna analýza, pričom sa zohľadnili dve základné skupiny faktorov - prírodné a sociálne. Analýza rizika požiaru, resp. náchylnosti na výskyt požiaru bola automatizovaná pomocou spracovania v rozhodovacom modeli vybudovanom v prostredí NetWeaver. Prepojenie prostredia NetWeaver so systémom na podporu rozhodovania používaným pre správu ekosystémov (EMDS) bola získaná priestorová vizualizáciu výsledkov hodnotenia.

#### 4 Conclusions

The aim of the paper was to provide an overview on current state of GIS and geoinformation technology application for disaster/crisis management purposes. To meet this objective one hundred scientific works introduced in the Web of Science Core Collection database were found, studied and presented. Those provide the world-wide information on GIS application in disaster management. For disaster management purpose not only GIS techniques, but also remote sensing, global positioning systems, web techniques and services are applied to support all the phases of the disaster management. Among the latest approaches to optimize the decision-making process based on the geospatial information belongs the crowdsourcing, too. This approach is used mostly abroad. In the conditions of the Slovak Republic it still represent a technique used mostly by research and academic institutions, but not the security practice.

Majlingová, Buzalka, Galla [99] bližšie rozpracovali postupy vedúce k posúdeniu jednotlivých komponentov rizika vo vzťahu k výskytu požiarov prírodného prostredia a povodní v prírodnom a mestskom prostredí. Experimentálnym územím bol okres Banská Bystrica. Pre územie okresu bolo realizované posúdenie náchylnosti územia na výskyt požiaru v lesnom prostredí a posúdenie zraniteľnosti územia na výskyt požiaru na príklade spätnej simulácie lesného požiaru, ktorý sa odohral v katastrálnom území obce Staré Hory v roku 2011. Z hľadiska povodní bolo vykonané posúdenie rizík spojených s náchylnosťou územia okresu na výskyt povodne ako aj dopadov povodne na území mesta Banská Bystrica. Výsledky analýz predstavujú veľmi cenné podklady pre podporu rozhodovania krízových manažérov nielen na lokálnej úrovni, ale aj regionálnej a národnej.

Majlingová a Hilbert [100] popisali základné aspekty nazerania na GIS, ako aj možnosti ich širšieho uplatnenia v krízovom manažmente v Slovenskej republike, a to najmä v procese analýzy rizík, identifikácie príčinných súvislostí vzhľadom na výskyt potenciálnych domino efektov, ale aj ako nástroja na podporu priestorového rozhodovania pri riadení záchranných prác v reálnom čase.

#### 4 Záver

Cieľom príspevku bolo poskytnúť prehľad o aktuálnom stave aplikácií GIS a geoinformačných technológií na účely krízového riadenia. Na dosiahnutie tohto cieľa bolo v databáze Web of Science Core Collection nájdených sto vedeckých prác. Tieto poskytujú informácie o aplikácii GIS v oblasti krízového riadenia z celého sveta. Na účely krízového riadenia sa na podporu všetkých fáz krízového riadenia používajú nielen techniky GIS, ale aj diaľkového prieskumu Zeme, globálne polohové systémy, webové techniky a služby. Medzi najnovšie prístupy k optimalizácii rozhodovacieho procesu založeného na geopriestorových informáciách patrí aj crowdsourcing. Tento prístup sa používa prevažne v zahraničí. V podmienkach Slovenskej republiky stále predstavuje techniku používanú prevažne výskumnými a akademickými inštitúciami, avšak nie bezpečnostnou praxou.

#### Acknowledgments



This work was supported by the KEGA Grant Agency under the project KEGA 032PU-4/2018.

Táto práca vznikla vďaka podpore grantovej agentúry KEGA, projekt KEGA 032PU-4/2018.

### Pod'akovanie

### References / Literatúra

- [1] Amin S, Goldstein M. 2008. Data against natural disasters: establishing effective systems for relief, recovery and reconstruction. The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank.
- [2] Chen YMJ, Tseng FSC, Wang HT, Destech Publicat I. 2015. Federating Internet of Things and GIS Into Cloud Computing for Infectious Disaster Management. 2nd International Conference on Communication and Technology (Icct 2015):102-110.
- [3] Chang SH, Wu MH. 2015. The development of mobile application for debris flow disaster prevention - the case of Kaohsiung City.
- [4] Grzeda S, Mazzuchi TA, Sarkani S. 2014. Temporary disaster debris management site identification using binomial cluster analysis and GIS. *Disasters* 38:398-419.
- [5] Chen AY, Pena-Mora F, Ouyang YF. 2011. A collaborative GIS framework to support equipment distribution for civil engineering disaster response operations. *Automation in Construction* 20:637-648.
- [6] Erharuyi N, Fairbairn D. 2003. Mobile geographic information handling technologies to support disaster management. *Geography* 88:312-318.
- [7] Fischer P, Fusco L, Brugnioni G. 2000. Integration of portable information technology and GSM based communication devices for disaster management operations. Pages 177-181 in Schurmann B, ed. *Proceedings of the International Symposium - Geomark 2000*, vol. 458.
- [8] Huyck CK, Chung HC, Cho S, Mio MZ, Ghosh S, Eguchi RT, Mehrotra S. 2006. Centralized web-based loss estimation tool: INLET for disaster response - art. no. 61780B. Pages B1780-B1780 in Diaz AA, Wu HF, Doctor SR, BarCohen Y, eds. *Nonintrusive Inspection, Structures Monitoring, and Smart Systems for Homeland Security*, vol. 6178.
- [9] Coutinho M, Neches R, Bugacov A, Kumar V, Yao KT, Ko IY, Eleish R, Abhinkar S. 1999. GeoWorlds: A geographically based situation understanding and information management system for disaster relief operations.
- [10] Gunes AE, Kovel JP. 2000. Using GIS in emergency management operations. *Journal of Urban Planning and Development-Asce* 126:136-149.
- [11] Bovalini R, Mazzini M, Petea M, De Varti A. 2002. Computer supported approach to emergency planning, analysis and response. *Probabilistic Safety Assessment and Management, Vol I and II, Proceedings:2057-2063*.
- [12] Laben C. 2002. Integration of remote sensing data and geographic information system technology for emergency managers and their applications at the Pacific Disaster Center. *Optical Engineering* 41:2129-2136.
- [13] Tumay A, Dincer K, Tanyer SG, Ieee. 2002a. Usage of GIS and RS technologies in disaster management.
- [14] Montoya L. 2003. Geo-data acquisition through mobile GIS and digital video: an urban disaster management perspective. *Environmental Modelling & Software* 18:869-876.
- [15] Bhaskaran S, Datt B, Forster B, Neal T, Brown M. 2004. Integrating imaging spectroscopy (445-2543 nm) and geographic information systems for post-disaster management: a case of hailstorm damage in Sydney. *International Journal of Remote Sensing* 25:2625-2639.
- [16] Andreadis A, Menicori P, Pietrelli A. 2005. A real-time system for remote co-ordination of rescue teams in an emergency phase. Pages 713-720 in Brebbia CA, Bucciarelli T, Garzia F, Guarascio M, eds. *Safety and Security Engineering*, vol. 82.
- [17] Cai GR, MacEachren AM, Brewer I, McNeese M, Sharma R, Fuhrmann S. 2005. Map-mediated GeoCollaborative Crisis Management. Pages 429-435 in Kantor P, Muresan G, Roberts F, Zeng DD, Wang FY, Chen H, Merkle RC, eds. *Intelligence and Security Informatics, Proceedings*, vol. 3495.

- [18] Chandio A, Shu LY, Memon NM, Khawaja A. 2006. GIS based route guiding system for optimal path planning in disaster/crisis management.
- [19] Hussain M, Arsalan MH, Siddiqi K, Naseem B, Rabab U. 2005. Emerging Geo-information Technologies (GIT) for natural disaster management in Pakistan: An overview.
- [20] Uto K, Yoshinaga T, Hoshino S, Kosugi Y, Kakumoto S, Ieee. 2005. Development of early stage image acquisition system for disaster mitigation.
- [21] Mansourian A, Rajabifard A, Zoj MJV, Williamson I. 2006. Using SDI and web-based system to facilitate disaster management. *Computers & Geosciences* 32:303-315.
- [22] Xiao-Yun XY, Wang B. 2006. Video real-time position approach based on GIS and its applications in monitoring systems of disaster prevention. *Dynamics of Continuous Discrete and Impulsive Systems-Series a-Mathematical Analysis* 13:1464-1467.
- [23] Abdalla R, Tao CV, Li J. 2007. Challenges for the Application of GIS Interoperability in Emergency Management. Pages 389-405 in Li J, Zlatanova S, Fabbri A, eds. *Geomatics Solutions for Disaster Management*.
- [24] Beni LH, Mostafavi MA, Pouliot J. 2007. 3D Dynamic Simulation within GIS in Support of Disaster Management. Pages 165-184 in Li J, Zlatanova S, Fabbri A, eds. *Geomatics Solutions for Disaster Management*.
- [25] Cioca M, Cioca LL, Buraga SC, Ieee. 2007. Spatial Elements decision support system used in disaster management. Pages 235-+. 2007 Inaugural Ieee International Conference on Digital Ecosystems and Technologies.
- [26] Fernando N, Waidyasekara S, Dias D, Ieee. 2007. A system based on web-GIS for post-disaster recovery management.
- [27] Han J, Zhao Y, Dai KW. 2007. The approach for shortest paths in fire succor based on component GIS technology in Gong P, Liu YX, eds. *Geoinformatics 2007: Geospatial Information Technology and Applications*, Pts 1 and 2, vol. 6754.
- [28] Pezanowski S, Tomaszewski B, MacEachren AM. 2007. An Open GeoSpatial Standards-Enabled Google Earth Application to Support Crisis Management. Pages 225-238 in Li J, Zlatanova S, Fabbri A, eds. *Geomatics Solutions for Disaster Management*.
- [29] Tahir MA, Ieee. 2007. The needs and geospatial technologies available for disaster management in urban environment.
- [30] Wang HB, Alidaee B, Altinakar M. 2007a. A decision support tool for emergency management planning. Univ Academic Press T
- [31] Wang LH, Lu AX, Ja ZY, Yu LQ, 2007b. The study of disaster investigation by using remote sensing on the Sichuan-Tibet Highway in Tibet. Ieee.
- [32] Weiser A, Zipf A. 2007. Web Service Orchestration of OGC Web Services for Disaster Management. Pages 239-254 in Li J, Zlatanova S, Fabbri A, eds. *Geomatics Solutions for Disaster Management*.
- [33] Xuan WL, Chen XW, Zhao G, Ieee. 2007. Early warning monitoring and management of disasters. Pages 2996-+. *Igarss: 2007 Ieee International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, Vols 1-12: Sensing and Understanding Our Planet.
- [34] Zou ZC, Wang YW. 2007. Urban crisis information platform model based on spatial data mining. *Proceedings of 2007 International Conference on Construction & Real Estate Management*, Vols 1 and 2:524-527.
- [35] Abed FH, Hongxia Z, Hongyan Z, Ieee. 2008. Open Source Web-based GIS and Database Tools for Emergency Response.
- [36] Coskun HG, Alganci U, Usta G. 2008. The role of remote sensing and GIS for security. Pages 337-351 in Coskun HG, Cigizoglu HK, Maktav MD, eds. *Integration of Information for Environmental Security*.
- [37] El-Korany A, El-Bahnasy K. 2008. A multi-agent cooperative model for crisis management system.
- [38] Hu FH, Chen HM, Chen T, Zhang Z. 2008. Research on Integration of Spatial-Data and Business-Data in Disaster Emergency Management System based GIS.
- [39] Peng L, Li JF, Xu LN. 2008. Urban emergency rescue system prototype for natural hazards based on GIS and RS in mountainous regions.
- [40] Babitski G, Bergweiler S, Hoffmann J, Schon D, Stasch C, Walkowski AC. 2009. Ontology-Based

Integration of Sensor Web Services in Disaster Management. Pages 103-+ in Janowicz K, Raubal M, Levashkin S, eds. Geospatial Semantics, Proceedings, vol. 5892.

[41] Baharin SSK, Shibghatullah AS, Othman Z. 2009. Disaster Management in Malaysia: An Application Framework of Integrated Routing Application for Emergency Response Management System.

[42] Abdalla R, Li J. 2010. Towards effective application of geospatial technologies for disaster management. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 12:405-407.

[43] Al-Khudhairy DHA. 2010. Geo-spatial information and technologies in support of EU crisis management. *International Journal of Digital Earth* 3 (art. Pii 919781602):16-30.

[44] Clark AJ, Holliday P, Chau R, Eisenberg H, Chau M. 2010. Collaborative Geospatial Data as Applied to Disaster Relief: Haiti 2010. Pages 250-+ in Kim TH, Fang WC, Khan MK, Arnett KP, Kang HJ, Slezak D, eds. *Security Technology, Disaster Recovery and Business Continuity*, vol. 122.

[45] Cosic D, Popov S, Sakulski D, Pavlovic A. 2011. GEO-INFORMATION TECHNOLOGY FOR DISASTER RISK ASSESSMENT. *Acta Geotechnica Slovenica* 8:65-74.

[46] Hazarika MK, Samarakoon L, Senevirathne N, Fowze JSM, de Silva R. 2010. CAPACITY BUILDING IN APPLICATIONS OF REMOTE SENSING AND GIS FOR DISASTER MANAGEMENT. Pages 11-13 in Molenaar M, Woldai T, Tempelman S, eds. *Cross-Border Education for Global Geo-Information*, vol. 38.

[47] Wang F, Yuan HY. 2010. Challenges of the Sensor Web for disaster management. *International Journal of Digital Earth* 3 (art. Pii 925995889):260-279.

[48] Feng CC, Wang YC. 2011. GIScience research challenges for emergency management in Southeast Asia. *Natural Hazards* 59:597-616.

[49] Islam SMT, Chik Z. 2011. Disaster in Bangladesh and management with advanced information system. *Disaster Prevention and Management* 20:521-530.

[50] Wu CC, Su HH, Chu TX, Cai YP, SciRes. 2011. Beidou Based Mobile Emergency Monitoring and Commanding Technology. *Csnc 2011: 2nd China Satellite Navigation Conference*, Vols 1-3:126-130.

[51] Zhang FZ, Geng JZ, Cheng P, Zhang B. 2011. Research for Mobile Satellite Navigation Application Service Platform System Framework Based On Disaster Reduction and Emergency Response.

[52] Neuvel JMM, Scholten HJ, van den Brink A. 2012. From Spatial Data to Synchronised Actions: The Network-centric Organisation of Spatial Decision Support for Risk and Emergency Management. *Applied Spatial Analysis and Policy* 5:51-72.

[53] Cao L, Luo HF, Wang XB. 2012. Building and application of GIS platform in the provincial disaster relief and emergency command system. *Advances in Environmental Science and Engineering*, Pts 1-6 518-523:5684-5687.

[54] Erden T. 2012. Disaster and Emergency Management Activities by Geospatial Tools with special reference to Turkey. *Disaster Advances* 5:29-36.

[55] Grecea C, Musat CC, Vilceanu CB, Sgem. 2012. GIS, EFFICIENT SUPPORT FOR URBAN PLANNING - FRAMEWORK OF TIMISOARA, ROMANIA. Pages 1057-1064. 12th International Multidisciplinary Scientific Geoconference, Sgem 2012, Vol. II.

[56] Karnatak HC, Shukla R, Sharma VK, Murthy YVS, Bhanumurthy V. 2012. Spatial mashup technology and real time data integration in geo-web application using open source GIS - a case study for disaster management. *Geocarto International* 27:499-514.

[57] Vescoukis V, Doulamis N, Karagiorgou S. 2012. A service-oriented architecture for decision support systems in environmental crisis management. *Future Generation Computer Systems-the International Journal of Grid Computing and Esience* 28:593-604.

[58] Wei W, Su JY, Ma DH, Guo XD, Wang ZT. 2012. Software-Framed Interface of GIS-Aided System of Decision and Management for Planning of Urban Hazard Prevention. *Disaster Advances* 5:1627-1632.

[59] Xiong JN, Liu S, Wang ZG, Li ZP, Yang YM, Ma DY. 2012. Research on the Key Technology of Traffic Guidance System for Disaster Emergency Rescue based on GIS. *Disaster Advances* 5:1414-1419.

[60] Balbo S, Boccardo P, Dalmasso S, Pasquali P. 2013. A PUBLIC PLATFORM FOR GEOSPATIAL DATA SHARING FOR DISASTER RISK MANAGEMENT. Pages 189-195 in Pirotti F, Guarnieri A, Vettore A, eds. *Role of Geomatics in Hydrogeological Risk*, vol. 40-5-W3.

- [61] Breen JJ, Parrish DR. 2013. GIS in Emergency Management Cultures: An Empirical Approach to Understanding Inter- and Intra-agency Communication During Emergencies. *Journal of Homeland Security and Emergency Management* 10.
- [62] Dahlan ARA, Dahan HM, Saman MYM, Ieee. 2013. The Government Information Sharing (GIS) in Natural Disaster Management and Risk Reduction - The Success Factors. 5th International Conference on Information and Communication Technology for the Muslim World (ICT4M). Rabat, MO-ROCCO.
- [63] Hamani A, Boudjema L. 2013. A generic model helps to transit from crisis management to natural disasters risk management and stabilize sustainable development. *Terragreen 13 International Conference 2013 - Advancements in Renewable Energy and Clean Environment* 36:977-984.
- [64] Kawasaki A, Berman ML, Guan W. 2013. The growing role of web-based geospatial technology in disaster response and support. *Disasters* 37:201-221.
- [65] Negula ID, Craciunescu V, Virsta A, Badea A, Moise C, Manea R, Calin M, Irimescu A. 2013. DOWNSTREAM COPERNICUS SERVICE FOR EMERGENCY MANAGEMENT IN ROMANIA. Pages 403-+. *Geoconference on Informatics, Geoinformatics and Remote Sensing - Conference Proceedings, SGEM 2013, Vol I*.
- [66] Teeuw RM, Leidig M, Saunders C, Morris N. 2013. Free or low-cost geoinformatics for disaster management: Uses and availability issues. *Environmental Hazards-Human and Policy Dimensions* 12:112-131.
- [67] Tsai MK, Yau NJ. 2013. Improving information access for emergency response in disasters. *Natural Hazards* 66:343-354.
- [68] Atila U, Karas IR, Rahman AA. 2014. A Knowledge Based Decision Support System: 3D GIS Implementation for Indoor Visualisation and Routing Simulation.
- [69] Brachman ML, Dragicevic S. 2014. A spatially explicit network science model for emergency evacuations in an urban context. *Computers Environment and Urban Systems* 44:15-26.
- [70] Gaikwad DB, Wanjari YW, Kale KV, Ieee. 2014. Disaster Management by Integration of Web Services with Geospatial Data Mining. 2014 Annual IEEE India Conference.
- [71] Ma L, Chen XW, Xu YB, Gao Y, Liu W, Ieee. 2014. Study on Crowdsourcing-Compatible Disaster Information Management System based on GIS. 2014 International Conference on Information Science, Electronics and Electrical Engineering (Iseee), Vols 1-3:1976-+
- [72] Musacchio E, Russo F. 2014. An emergency management system: Sistema informativo gestione emergenze protezione civile. *Lrec 2014 - Ninth International Conference on Language Resources and Evaluation*.
- [73] Ahmadi M, Seifi A, Tootooni B. 2015. A humanitarian logistics model for disaster relief operation considering network failure and standard relief time: A case study on San Francisco district. *Transportation Research Part E-Logistics and Transportation Review* 75:145-163.
- [74] Arora PK, Bhatia R, Parkash S, Sekhon BJS, Ieee. 2015. Web based GPS and GIS Model for Rural Areas. 2015 4th International Conference on Reliability, Infocom Technologies and Optimization (Icrito) (Trends and Future Directions).
- [75] Aydinoglu AC, Bilgin MS. 2015. Developing an open geographic data model and analysis tools for disaster management: landslide case. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 15:335-347.
- [76] Becker T, Konig G. 2015. GENERALIZED CARTOGRAPHIC AND SIMULTANEOUS REPRESENTATION OF UTILITY NETWORKS FOR DECISION-SUPPORT SYSTEMS AND CRISIS MANAGEMENT IN URBAN ENVIRONMENTS. Pages 19-28 in Rahman AA, Isikdag U, Castro FA, eds. *Isprsr Joint International Geoinformation Conference 2015, vol. II-2*.
- [77] D'Uffizi A, Simonetti M, Stecca G, Confessore G. 2015. A Simulation study of logistics for disaster relief operations. Pages 157-162 in Teti R, ed. 9th Cirp Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering - Cirp Icme '14, vol. 33.
- [78] Daniela B, Doru M, Radu M, Catalina B, Cimpeanu SM, Sgem. 2015. NATURAL DISASTER MANAGEMENT USING GEOSPATIAL INFORMATION SYSTEMS - CASE STUDY ROMANIAN SOUTH - WEST FIELD, 2006-2014. Pages 995-1002. *Informatics, Geoinformatics and Remote Sensing, Vol II*.



- [79] Haworth B, Bruce E. 2015. A Review of Volunteered Geographic Information for Disaster Management. *Geography Compass* 9:237-250.
- [80] Hoskova-Mayerova S. 2015. GEOSPATIAL DATA RELIABILITY, THEIR USE IN CRISIS SITUATIONS. Pages 694-698 in Carutasu V, ed. 21st International Conference the Knowledge-Based Organization, vol. 21.
- [81] Takahagi K, Ishida T, Sakuraba A, Sugita K, Uchida N, Shibata Y. 2015. Proposal of the Disaster Information Transmission Common Infrastructure System intended to Rapid Sharing of Information in a time of Mega Disaster. Pages 505-510. 18th International Conference on Network-Based Information Systems (NBIS). Taipei, TAIWAN.
- [82] Tomaszewski B, Judex M, Szarzynski J, Radestock C, Wirkus L. 2015. Geographic Information Systems for Disaster Response: A Review. *Journal of Homeland Security and Emergency Management* 12:571-602.
- [83] Yagoub MM. 2015. PUBLIC PERCEPTION ON DISASTER MANAGEMENT USING VOLUNTEERED GEOGRAPHIC INFORMATION (VGI): CASE OF UAE. Pages 241-246 in Rahman AA, Isikdag U, Castro FA, eds. ISPRS Joint International Geoinformation Conference 2015, vol. II-2.
- [84] Yamamoto K. 2015. Development and Operation of Social Media GIS for Disaster Risk Management in Japan. Pages 21-39 in Geertman S, Ferreira J, Goodspeed R, Stillwell J, eds. *Planning Support Systems and Smart Cities*.
- [85] Yasumiishi M, Renschler CS, Bittner TE. 2015. SPATIAL AND TEMPORAL ANALYSIS OF HUMAN MOVEMENTS AND APPLICATIONS FOR DISASTER RESPONSE MANAGEMENT UTILIZING CELL PHONE USAGE DATA. *ISPRS International Workshop on Spatiotemporal Computing*:217-224.
- [86] Abdalla R. 2016. Evaluation of spatial analysis application for urban emergency management. *Springerplus* 5 (art. 2081).
- [87] Jefferson TL, Johannes TW. 2016. Using geographic information systems to support decision making in disaster response. *Intelligent Decision Technologies-Netherlands* 10:193-207.
- [88] Netek R, Panek J. 2016a. FRAMEWORK SEE-THINK-DO AS A TOOL FOR CROWDSOURCING SUPPORT - CASE STUDY ON CRISIS MANAGEMENT. Pages 13-16 in Halounova L, et al., eds. *Xxiii Isprs Congress, Commission VI*, vol. 41.
- [89] Netek R. 2016. ADVANCED GIS APPLICATION FOR REAL-TIME CRISIS MANAGEMENT SUPPORT VIA INTERNET PLATFORM. Pages 27-33. *Informatics, Geoinformatics and Remote Sensing Conference Proceedings, Sgem 2016, Vol III*.
- [90] Petrovski A, Naumova S, Geobalcanica S. 2016a. GIS in Crises Management Use of Smart Phone GIS Application in the Event of Natural Disaster in Vital Function of Man in Trouble. 2nd International Scientific Conference Geobalcanica 2016:147-152.
- [91] Radulescu M, Radulescu C, Radulescu A, Radulescu GMT, Nas S, Sgem. 2016. ISSUES ON THE CONTRIBUTION OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM IN THE HANDLING OF EMERGENCIES CAUSED BY NATURAL DISASTERS. Pages 295-302. *Informatics, Geoinformatics and Remote Sensing Conference Proceedings, Sgem 2016, Vol III*.
- [92] Raj KJS, Thapa KNK, Balakrishnan R, Ieee. 2016. Post Disaster Damage Estimation Using Integrated GPS Sensor Network & GIS. *Proceedings of the 2016 Ieee International Conference on Wireless Communications, Signal Processing and Networking (Wispnet)*:1234-1238.
- [93] Xu Z, Zhang H, Sugumaran V, Choo KKR, Mei L, Zhu YW. 2016. Participatory sensing-based semantic and spatial analysis of urban emergency events using mobile social media. *Eurasip Journal on Wireless Communications and Networking* (art. 44).
- [94] Zhong L, Takano K, Ji YS, Yamada S. 2016. Big Data based Service Area Estimation for Mobile Communications during Natural Disasters. *Ieee 30th International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops (Waina 2016)*:687-692.
- [95] Luchetti G, Mancini A, Sturari M, Frontoni E, Zingaretti P. 2017. Whistland: An Augmented Reality Crowd-Mapping System for Civil Protection and Emergency Management. *Isprs International Journal of Geo-Information* 6 (art. 41).
- [96] Vlček, P. 2008. CIPREGIS. 2008. [online] [cit. 25-5-2013] Available online: [http://www.itapa.sk/data/att/6109\\_prezentacia.pdf](http://www.itapa.sk/data/att/6109_prezentacia.pdf)

- [97] Blistanova, M., Katalinic, B., Kiss, et al. 2014. Data Preparation for Logistic Modeling of Flood Crisis Management. In 24th Daaam International Symposium on Intelligent Manufacturing and Automation, 2013, 69: 1529-1533.
- [98] Majlingová, A. 2015. Multicriterial forest fire risk assessment applicable in Central Europe – Case Study. In International Journal of Engineering & Applied Sciences (IJEAS), 2015, Vol. 2, Issue 2, p. 45 – 50.
- [99] Majlingová, A., Buzalka, J., Galla, Š. 2016. Využitie údajov a nástrojov GIS, SDSS a dynamického modelovania v manažmente rizík vybraných druhov mimoriadnych udalostí = Application of data and GIS, SDSS and dynamic modelling tools in risk management of selected emergencies. 1. vyd. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 133 s.
- [100] Majlingová, A., Hilbert, R. 2017. Geoinformatika ako nástroj podpory priestorového rozhodovania v krízovom riadení = Geoinformatics as a spatial decision support tool for crisis management. In Zborník z 11. ročník medzinárodnej vedeckej konferencie Bezpečné Slovensko a Európska únia 2017, Košice, 09.-10.11.2017, 23 s.